



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

**ÚSTAV AUTOMATIZACE INŽENÝRSKÝCH ÚLOH A
INFORMATIKY**

INSTITUTE OF COMPUTER AIDED ENGINEERING AND COMPUTER SCIENCE

**NAVRHOVÁNÍ ÚZEMNÍCH CELKŮ S VYUŽITÍM
POKROČILÝCH TECHNOLOGIÍ**

DESIGN OF URBAN AREA USING ADVANCED TECHNOLOGIES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Michal Nováček

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JOSEF REMEŠ

BRNO 2017



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3656 Městské inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program
Studijní obor	3647R025 Městské inženýrství
Pracoviště	Ústav automatizace inženýrských úloh a informatiky

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Michal Nováček
Název	Navrhování územních celků s využitím pokročilých technologií
Vedoucí práce	Ing. Josef Remeš
Datum zadání	30. 11. 2016
Datum odevzdání	26. 5. 2017

V Brně dne 30. 11. 2016

doc. Ing. Aleš Krejčí, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

(1) Související zákony, vyhlášky, normy ČSN, technické podmínky a předpisy; (2) Odborné texty, studie věnující tématu navrhování územních celků, urbanismu, aplikaci pokročilých technologií při navrhování (analýzy, simulace, AIM, BIM, EAM, ...).

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Cílem bakalářské práce je definovat základní stavebně-fyzikální faktory, které mohou ovlivnit proces navrhování staveb v kontextu územních celků, a využití dostupných technologií pro simulaci a navrhování za účelem zvýšení kvality venkovního prostoru ve fázi přípravy a plánování staveb. V rámci práce bude provedena rešerše problematiky v česku i v zahraničí a následná studie aplikovatelnosti v národním prostředí. Přílohou práce může být specializovaná část, o jejímž zpracování bude rozhodnuto vedoucím práce v průběhu práce studenta na zadaném tématu.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

Ing. Josef Remeš
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Předmětem práce je definování oslunění, jakožto fyzikálního faktoru ovlivňujícího stavby, z pohledu normových předpisů České republiky. Dále se práce zabývá optimalizací projekčních postupů, a také mírou kvality norem pro oslunění. Závěrem je na konkrétním příkladu zpracována analýza oslunění více způsoby.

KLÍČOVÁ SLOVA

Optimalizace, simulace, oslunění, BIM, České technické normy pro oslunění, posouzení oslunění, ekologické myšlenky, vliv na lidi, kvalitní navrhování, deklinace, azimut, časová poloha Slunce na obloze, moderní technologie

ABSTRACT

The subject of the thesis is to define sunlight illumination as a building-influencing physical factor from the perspective of the technical standards in the Czech Republic. It aims to optimize the draft making process, and a quality of selected technical standards for sunlight illumination in the Czech Republic. In conclusion there is an example of a sunlight illumination analysis in different ways.

KEYWORDS

Optimization, simulation, sunlight illumination, BIM, czech technical standards for illuminance, assessment of sunlight illumination, ecological ideas, people-influencing, quality of draft making, declination, azimuth, time position of the Sun in the sky, modern technology

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Michal Nováček Navrhování územních celků s využitím pokročilých technologií. Brno, 2017. 56 s., 1 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav automatizace inženýrských úloh a informatiky. Vedoucí práce Ing. Josef Remeš

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 23. 5. 2017

Michal Nováček

autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Poděkování patří především panu ing. Josefu Remešovi za odborné vedení práce.

V Brně dne 23. 5. 2017

Michal Nováček

autor práce

Obsah

1	Úvod.....	10
2	Národní a nadnárodní ekologické programy	12
2.1	Evropská unie.....	12
2.2	Spojené státy americké.....	13
2.3	Východní Asie.....	13
3	Optimalizační technologie	15
3.1	Building Information Modelling	15
3.2	BIM v ČR.....	15
3.3	BIM software	16
4	Právní a technické předpisy České republiky	17
4.1	Oslunění	17
4.1.1	Legislativní a normové prameny	18
4.1.2	Metoda výpočtů	19
4.1.3	Interiérové podmínky oslunění	27
5	Aplikovatelnost optimalizace	33
5.1	Optimalizace výpočtové metody.....	33
5.1.1	Hraniční linie oslunění pro východ a západ Slunce.....	33
5.1.2	Výpočet časové polohy Slunce na obloze ze známého azimutu.....	34
5.2	Urbanistický vliv oslunění na územní celky	36
5.3	Elementární optimalizace analýzy a vliv přírodních překážek na příkladu nezastavěné proluky v Kuřimi	39
5.3.1	Obecné informace	40
5.3.2	Přístupy pro posouzení.....	42
5.4	Pokročilé metody pro stanovení doby oslunění na příkladu z Kuřimi.....	46
5.4.1	Autodesk Revit	46

5.4.2	Graphisoft ArchiCAD.....	48
6	Závěr	50
7	Použité zdroje	51
7.1	Literatura	51
7.2	Mapové podklady.....	52
8	Seznam zkratk a symbolů	53
8.1	Zkratky	53
8.2	Symboly	53
9	Seznam obrázků.....	55
10	Seznam příloh	56

1 Úvod

Tato práce pojednává o optimalizační funkci v environmentálním rámci stavební projekční činnosti. Konkrétně se jedná o optimalizaci navrhování budov, kde hlavními faktory ovlivňujícími návrh, jsou působící přírodní podmínky. Vzhledem k obecnosti a rozsáhlosti této problematiky se práce zaměří na optimalizaci navrhování budov a územních celků na základě snahy dosáhnout nejlepšího vlivu na přírodní prostředí a na člověka. Faktorů, ovlivňujících stavby a řešených v projekční fázi stavby, je velké množství a problematika posuzování každého faktoru separátně by byla svým rozsahem neslučitelná s předpokládaným obsahem této práce. Z tohoto důvodu práce pojednává pouze o jednom z přírodních vlivů a tím je oslunění budov, které je patrně nejhojněji rozebráno legislativou České republiky a normami.

Vstupem do problematiky je seznámení s legislativními prameny Evropské unie a České republiky, následováno rozбором oslunění tak, jak jej pojímají České technické normy.

V práci je také ukázána neschopnost norem obsáhnout problematiku do takové míry, aby zajistila optimální posuzování tohoto přírodního faktoru a zároveň podpořila racionální výstavbu.

Optimalizace je proces, který vede k vyšší efektivitě. Ve stavebním odvětví lze optimalizaci vnímat jako nástroj pro dosažení co nejefektivnější zástavby ať už z pohledu ekonomického, který je dominantní, tak i z pohledu environmentálního.

Navrhování staveb a územních celků je komplexní problematika, jejíž optimalizace přináší často pozitivní výsledky v oblasti spotřeby energií, vlivu na životní prostředí a také přispívá k pozitivnímu pocitu osob, užívajících budovy. Proto je v tomto odvětví vhodná optimalizace pro zajištění efektivnosti zmíněných faktorů.

V současné době jsou, především v západních zemích (Velká Británie, Nizozemí, ale také například ve východní Asii, Čína), trendy, směřující k navrhování staveb, zohledňující a často využívající působení okolních přírodních podmínek a fyzikálních faktorů.

Tyto trendy se následně mohou promítnout do norem, zákonů a nařízení jednotlivých států, jejichž výsledkem je často snaha o zavedení určitého standardu výstavby s danou územně rozvojovou a ekologickou myšlenkou. Výsledkem jsou mezinárodní smlouvy a právní předpisy, avšak také unikátní národní předpisy a v neposlední řadě myšlenkové proudy.

V analytické části práce při posuzování oslunění je uvažováno s dokonalým rozmístěním obytných místností v objektu, což znamená, že není uvažováno s problematikou vnitřního uspořádání bytů, nýbrž je brán zřetel pouze na vnější oslunění a zastínění, a výsledné oslunění není posuzováno na základě osluněné plochy obytných místností.

2 Národní a nadnárodní ekologické programy

2.1 Evropská unie

Evropská unie přišla s konceptem smart city, neboli inteligentním městem, což je jedna z pěti idejí EIP (European Innovation Partnership) Evropské unie ubírající se k vytváření kvalitní, ekologické a ekonomické zástavby. Ostatní programy EIP jsou aktivní a zdravé stárnutí, udržitelnost zemědělství a produkce, voda a suroviny. EIP tímto reaguje na zhoršující se životní prostředí, zvyšující se spotřebu energií a značný růst obyvatel ve městech. V zemích Evropské unie 74 % obyvatel žije a pracuje ve městech, přičemž spotřebovávají přibližně 75 % veškeré spotřebované energie v rámci Evropské unie.¹

Myšlenka smart city může být vykládána různými způsoby v důsledku jejího širokého pojetí ve strategickém (SIP) a operačním plánu (OIP) Evropské unie. Obecně lze říci, že se jedná o množství zásad, které mají přispívat ke zlepšení městského prostředí, úsporám energie a minimalizaci vypouštění CO₂ do ovzduší.² V bližším kontextu se tato myšlenka jeví jako velmi propracovaný koncept zástavby, který zajišťuje nízkou energetickou náročnost, využívání obnovitelných přírodních zdrojů a především pohodlné užívání staveb lidmi, související s vysokou mírou technologií v zástavbě, sloužící například k přizpůsobování podmínek uvnitř budov, monitorování veřejného prostoru, energií nebo potenciálních kolizních prvků a následné odesílání informací příslušným odpovědným orgánům (například včasný vývoz odpadků, regulace intenzity veřejného osvětlení v závislosti na podmínkách).

Je zjevné, že pro naplnění těchto plánů je potřeba do projektu zahrnout více technických i netechnických disciplín a jejich vzájemným propojením tvořit komplexní návrh. Nikoli několik oddělených, navzájem nekomunikujících, projektů. Podle EU jsou mimo jiné právě obyvatelé města podstatným prvkem, který by měl zasahovat do procesu vytváření zástavby.

¹ A commitment towards Europe's energy and climate policy. Dostupné z: http://www.eumayors.eu/IMG/pdf/com_brochure_en.pdf.

² Operational Implementation Plan. Dostupné z: <http://ec.europa.eu/>.

Státy jako Velká Británie, Spojené Státy Americké, Nizozemí apod. vytvářejí nové a často převratné stavby, kdy samotná projekce je založena na rozsáhlých myšlenkových pochodech a pokročilých technologiích. Tomuto měřítku (jednotlivým stavbám) se věnuje plán Evropské unie *Nearly zero-energy buildings*, který hovoří o budovách s energetickou spotřebou blízkou nule, přičemž toto malé množství energie je vytvářeno z obnovitelných zdrojů přímo lokálně pro budovu, nebo ze sítě.³

2.2 Spojené státy americké

Mimo EU byl zaveden certifikát na myšlence s podobnými výstupy – ocenit stavby, které mají příznivý dopad na životní i urbanizované prostředí i na jejich obyvatele nebo uživatele. Jedná se o LEED program (Leadership in Energy and Environmental Design), jenž vznikl v USA a je založen na hodnocení budov podle několika kritérií. LEED „*Zdůrazňuje využití nejmodernějších postupů při udržitelné výstavbě budov, úsporách vody, efektivnosti využívání energie, výběru vhodných materiálů, umístění a připojení budovy, vytváření kvalitního vnitřního prostředí, také při budování povědomí a vzdělávání, inovování a stanovování regionálních priorit.*“⁴

Jinými slovy se jedná o hodnocení, především administrativních a polyfunkčních, budov a posuzování jejich ekonomičnosti a dopadu na životní prostředí.

2.3 Východní Asie

Ve východní Asii se můžeme setkat s myšlenkovým proudem, který není natolik politicky a legislativně rozvinutý, nebo striktní, jako environmentální myšlenky v západních zemích, avšak sehrává svoji úlohu při výstavbě. Jedná se o učení Feng Shui, které se snadno stává terčem kritiky (často na technické akademické půdě) v západních zemích, kde v dnešní době převládá přísně technický a přesný názor, založený na kvantifikovatelných veličinách, měřených datech a faktech, čímž toto učení disponovat nemůže.

³ Towards nearly zero-energy buildings. Dostupné z: <http://ec.europa.eu/>.

⁴ Leadership in Energy & Environmental Design. Dostupné z: <http://www.czgbc.org/certifikace/leed>.

Feng Shui se zrodilo ve východní Asii a těší se zde velké oblibě. V hojné míře s využívá pro tvorbu krajiny, ale také pro budování intravilánů měst.⁵ Jedná se především o země Koreu, Čínu a Japonsko.

Zařadil jsem jej mezi program smart city a certifikát LEED, jakožto mezi zástupce ekologické a ekonomické myšlenky, kam toto učení z environmentální podstaty patří, avšak především jsem jej zde zařadil z důvodu optimalizace prostředí, ve kterém žijeme. Programy EU i zahraniční směry, snažící se dosáhnout, pokud možno, co nejlepších výsledků mimo jiné právě díky optimalizaci návrhu budov a územních celků, mohou mít zpětnou vazbu díky naměřeným datům. Feng Shui můžeme však také do jisté míry brát jako optimalizační nástroj pro vytváření urbanizovaného či neurbanizovaného prostředí. Mohli bychom jej (možná nadneseně) brát i jako nástroj územního plánování pro východní Asii, avšak stejně jako výše zmíněné myšlenky a programy, buduje lepší prostředí podle určitých zásad a výsledkem nemusí být množství dat, nýbrž například psychologická odezva.

⁵ HONG, Sun-Kee, In-Ju SONG a Jianguo WU. Fengshui theory in urban landscape planning.

3 Optimalizační technologie

3.1 Building Information Modelling

Pro uskutečňování národních a nadnárodních strategií a efektivní návrh budov je mimo jiné nutná dávka koordinace dílčích profesních odvětví na stavebních projektech a optimalizace jejich návrhů. V souvislosti s tím je dnes na vzestupu BIM (Building Information Modelling), neboli označení pro digitální model budovy, který umožňuje jednoduchou distribuci a výměnu informací ohledně stavby pro mezioborové týmy. Efektivita projekce v BIM spočívá především v dostupnosti informací pro jakoukoli profesi. Model budovy se tak stává databází, ze které každý uživatel čerpá to, co potřebuje.⁶

Efektivnost ve spolupráci mezi jednotlivými profesemi a dostupnost velkého množství informací může vyústit v efektivnější návrhy budov, které ve výsledku mohou být ekonomičtější a ekologičtější. V husté urbanizované oblasti jsou například řešeny základní environmentální a urbanistické problémy jako je hospodaření se srážkovou vodou, využívání větrného proudění, geotermální energie, slunečního záření a s tím spojená problematika zastínění okolními budovami, zpětné využívání přebytečné tepelné energie, využívání přírodních a recyklovatelných materiálů, ale také samotná funkčnost stavby a její integrace do okolní zástavby. Všechny tyto faktory (i jiné) mohou být zohledňovány a ovlivňují výsledný koncept.

3.2 BIM v ČR

BIM ovlivňuje značně stavebnictví po celém světě, tedy i v České republice. Jeho význam vyzdvihuje například usnesení vlády ze dne 2. listopadu 2016 o významu metody BIM pro stavební praxi v České republice a návrh dalšího postupu pro její zavedení, kterým je přiřknut vliv digitálního modelování na konkurenceschopnost státu a růst ekonomiky. Do 31. července 2017 má být vládě předložena Koncepce zavádění metody BIM v České republice.⁷

⁶ BIM - základní informace. Dostupné z: <http://www.graitec.cz/bim>.

⁷ Usnesení vlády České republiky.

V souvislosti s touto modernizací českého projektování jsou pořádány konference pod záštitou Ministerstva průmyslu a obchodu pro zástupce předních českých projekčních firem na téma Plán implementace digitálního stavebnictví v České republice.⁸

Důkaz toho, že digitalizace stavebnictví je významnou záležitostí pro budoucnost projektování, je tvrzení zástupce Ministerstva průmyslu a obchodu, ve kterém je řečeno, že od poloviny roku 2021 by měly být veškeré nadlimitní veřejné zakázky⁹ projektovány výhradně prostřednictvím metody BIM.¹⁰

3.3 BIM software

Metoda BIM stojí na tvorbě 3D modelů budov, které vytváří databázi informací, z níž může čerpat kdokoli a není potřeba vytvářet druhý model, potřebný pro simulace, analýzy, popřípadě subdodavatele.¹¹ Jedním z nejzákladnějších a nejpoužívanějších nástrojů pro tuto tvorbu je Revit od společnosti Autodesk. Význam tohoto softwaru je především díky možnému propojení Revitu s dalšími mnohými softwary od společnosti Autodesk jako jsou Dynamo, AutoCAD, 3DS max a další, popřípadě s doplňky a softwarovými nadstavbami.

Konkurenčním nástrojem Autodesku je, opět jeden z nejpoužívanějších programů pro projekční práce, ArchiCAD od společnosti Graphisoft, který však nemá tak rozsáhlou uživatelskou základnu jako programy od Autodesk.

⁸ MPO uspořádalo konferenci k zavádění digitalizace stavebnictví. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/rozcestnik/pro-media/tiskove-zpravy/mpo-usporadalo-konferenci-k-zavadeni-digitalizace-stavebnictvi---228455/>.

⁹ K 12.5.2017 jsou nadlimitní veřejné zakázky pro stavební práce od předpokládané hodnoty 142 668 000 Kč. Zdroj: Česká národní banka

¹⁰ Tisková zpráva - Mezinárodní konference BIM a rozpočtování 2017. Dostupné z: <https://cinnosti.urspraha.cz/zakladni-cinnosti-spolecnosti/bim-informacni-modelovani-staveb/tiskova-zprava-mezinarodni-konference-bim-a-rozpocetovani-2017>.

¹¹ STANČÍK, Adam a Josef REMEŠ. *Lighting and Daylighting Analysis with BIM* [online].

4 Právní a technické předpisy České republiky

Česká republika se řídí primárně mezinárodními evropskými normami a právními předpisy, které jsou nadřazeny národním předpisům. To však nevylučuje používání často propracovanějších národních norem ČSN. Normativní předpisy a vyhlášky pojednávají o požadavcích na stavby. Součástí těchto požadavků je usměrnění a využití fyzikálních faktorů (externích i interních), působících na stavby tak, aby zajišťovaly kvalitní pobytové prostředí uvnitř budov.¹² Pro optimalizaci těchto podmínek (především externích) je často klíčové situování stavby na pozemku. Při vhodném umístění lze efektivně využít přírodní zdroje, působící na nemovitost i nad rámec normových požadavků. V souvislosti s tímto se řada investorů rozhoduje právě pro rozšířené využití obnovitelných zdrojů energie (fyzikální faktory) v důsledku pokročilého ekologického smýšlení a také časové návratnosti investovaných peněz do energií. Tyto myšlenkové proudy jsou podporovány dotacemi EU.

Podmínky pro umístění stavby na pozemku, od čehož se odvíjí následné možné zhodnocování přírodních působících vlivů, udává rozhodnutí o umístění stavby a územně plánovací dokumentace (je-li zhotovena).¹³

4.1 Oslunění

Základním přírodním faktorem ovlivňujícím život na Zemi je sluneční záření. Jsou to proudy fotonů, které pronikají atmosférou a dopadají na zemský povrch, kde se odráží a rozptylují. Atmosféra Země částečně fotony pohlcuje a rozptyluje a také odráží zpět k zemskému povrchu. Výsledkem těchto jevů je tzv. oblohové světlo. Kombinaci přímého a oblohového světla nazýváme denní světlo.¹⁴

Podle vlnové délky záření rozlišujeme světlo infračervené, viditelné a ultrafialové. Ačkoli záření o určitých vlnových délkách má negativní dopad na materiály, stavby a především člověka, je nezbytné pro život na Zemi.¹⁵

¹² Vyhláška 268/2009 Sb.

¹³ ČSN 73 4301 - *Obytné budovy*.

¹⁴ RYBÁR, Peter, František ŠESTÁK, Marie JUKLOVÁ, Jozef HRAŠKA a Jiří VAVERKA. *Denní osvětlení a oslunění budov*.

¹⁵ RYBÁR, Peter, František ŠESTÁK, Marie JUKLOVÁ, Jozef HRAŠKA a Jiří VAVERKA. *Denní osvětlení a oslunění budov*.

Kromě zajišťování základních životních potřeb, má denní světlo pro člověka hlubší význam v podobě zdravotních benefitů. Kromě vytváření vitamínu D v těle lidí je nutné zmínit také značný vliv **přírodního** slunečního záření na lidskou psychiku a zdraví. Vzhledem k majoritnímu času strávenému v budovách, což je nyní běžným standardem, nabývá denní záření ještě většího významu a stává se nedostatkovým životním fundamentem. Výsledkem následně může být i poškození fyziologických funkcí. Z těchto důvodů technická společnost zavádí snahy o implementaci slunečního záření zpět do života obyvatel, což v důsledku znamená přivést světlo do budov. Dostatek slunečního záření a minimalizace využívání umělého osvětlení v interiérech může mít z podstaty věci i pozitivní environmentální efekt v podobě nižších nákladů za energie, avšak může také způsobovat zrakovou nepohodu díky odrazivosti určitých materiálů uvnitř budov nebo kombinací osvětlených a neosvětlených částí místností, popřípadě přílišného oslunění.¹⁶

Z výše uvedeného lze vycítit obtížnost problematiky.

4.1.1 Legislativní a normové prameny

- Vyhláška 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby
- ČSN 73 4301 Obytné budovy včetně změn Z1, Z2 a Z3
- ČSN 73 0581 Oslunění budov a venkovních prostor – Metoda stanovení hodnot

Vyhláška 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby hovoří o nutnosti řešit při návrhu nemovitosti denní, umělé, případně sdružené osvětlení (denní světlo doplněné o umělé osvětlení) společně s vytápěním, chlazením, větráním, ochrannou proti hluku a prosluněním, které se odvíjí od okolní zástavby. Z opačného hlediska je nutné usměrňovat nové stavební objekty pro eliminaci zastínění stávajících budov. U nové výstavby se zohlední i budoucí možné zastínění výčtem z regulačního plánu nebo podmínek územního rozhodnutí.¹⁷

¹⁶ ČSN 73 0581 - Oslunění budov a venkovních prostor - Metoda stanovení hodnot.

¹⁷ Vyhláška 268/2009 Sb.

České technické normy prošly za poslední dvě dekády proměnnou týkající se environmentálních témat. Výsledkem je množství zrušených, novelizovaných norem a vydaných změn.

ČSN 73 4301 Obytné budovy (včetně 3 změn) se zabývá, mimo jiné, osluněním a osvětlením obytných prostor, ve kterých stanoví základní požadavky na oslunění budov a kvantifikuje limitní ukazatele.

Na zmíněnou normu navazuje ČSN 73 0581 Oslunění budov a venkovních prostor – Metoda stanovení hodnot. Jak název napovídá, obsahem je metodika pro stanovení výpočtových ukazatelů oslunění. Norma vychází z elementárních astronomických poznatků, kterými jsou vzájemná poloha Slunce a Země a pohyb Slunce po obloze, které se snaží do jisté míry zjednodušit pro technické potřeby.

4.1.2 Metoda výpočtů

4.1.2.1 Astronomické vztahy

Země vykonává ve vesmíru řadu pohybů, které ovlivňují dění na planetě. V první řadě je nutné říci, že Země má osu procházející severním a jižním zemským pólem, kolem které se otáčí, což způsobuje střídání dne a noci. Tato osa svírá úhel přibližně $66,55^\circ$ s rovinou ekliptiky, což je rovina, ve které se nachází oběžná dráha Země kolem Slunce. Oběžná dráha je přibližně eliptická a v kombinaci s nakloněnou zemskou osou způsobuje střídání teplých a chladných ročních období a mění se délku dne a noci. Při otáčení Země kolem vlastní osy, opisuje osa plochu přibližného dvojkužele v důsledku působení gravitace měsíce na naši planetu. Tento pohyb se nazývá precese.¹⁸

4.1.2.2 Výpočtová část metody

Pro splnění normové podmínky, kterou je doba oslunění bytu, je zapotřebí definovat dobu oslunění pro danou lokalitu a v daný den (dny nejsou stejně dlouhé v každém místě planety po celý rok). K tomu slouží výpočet polohy Slunce na obloze.

Při otáčení Země kolem své osy dochází z pohledu pozorovatele na povrchu ke zdánlivému pohybu Slunce po obloze. Poloha Slunce na obloze je klíčová pro určování

¹⁸ ČSN 73 0581 - Oslunění budov a venkovních prostor - Metoda stanovení hodnot.

míry oslunění. Tuto polohu udává výška Slunce nad horizontem¹⁹ h [°] a azimut A [°]. Pro určení těchto veličin je zapotřebí znát zeměpisnou šířku φ [°], deklinaci [°] a hodinový úhel τ [°], kdy zeměpisná šířka je úhlová vzdálenost měřená na poledníku, deklinace je úhel svírající směr dopadu slunečních paprsků do místa pozorování s rovníkovou rovinou, vedoucí v místě pozorování. Hodinový úhel je úhlová vzdálenost na rovníku reprezentující časová pásma, kdy jedné hodině odpovídá 15° úhlové délky a azimut je úhel svírající poloha Slunce s jižním směrem.²⁰ Azimut může být definován jako úhel mezi Sluncem a severním směrem v obecné praxi, avšak pro problematiku oslunění a pro potřeby norem se uvažuje s úhlem určeným jižním směrem, kdy azimut jižního směru má hodnotu 0° a severního směru 180° (popřípadě -180°). Přitom pro dopolední hodiny (východ) nabývá azimut záporných hodnot a pro odpolední hodiny (západ) hodnot kladných.

V rámci hodinového úhlu je nutné znát **pravý sluneční čas** (PSC), který vznikne rozdělením doby mezi dvěma následujícími dolními kulminacemi Slunce na 24 hodin.²¹ De facto se jedná o čas, který není používán jako klasický měřený čas pro potřeby lidstva v každodenním životě, avšak je užíván pro výpočty pro potřeby zmiňovaných norem.

Vztahy, které předkládá norma ČSN 73 0581 pro stanovení dílčích veličin, nezbytných pro dosažení doby oslunění:

$$(1) \quad \delta = 23,45^\circ \sin(0,98^\circ D + 29,7^\circ M - 109^\circ)$$

Kde D je pořadové číslo dne v měsíci, M je pořadové číslo měsíce.

$$(2) \quad \tau = 15(PSC - 12)$$

Kde τ je hodinový úhel [°] a PSC je pravý sluneční čas.

$$(3) \quad \sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \sin \tau$$

Kde h je výška Slunce na obloze [°], φ je zeměpisná šířka [°] a δ je deklinace [°].

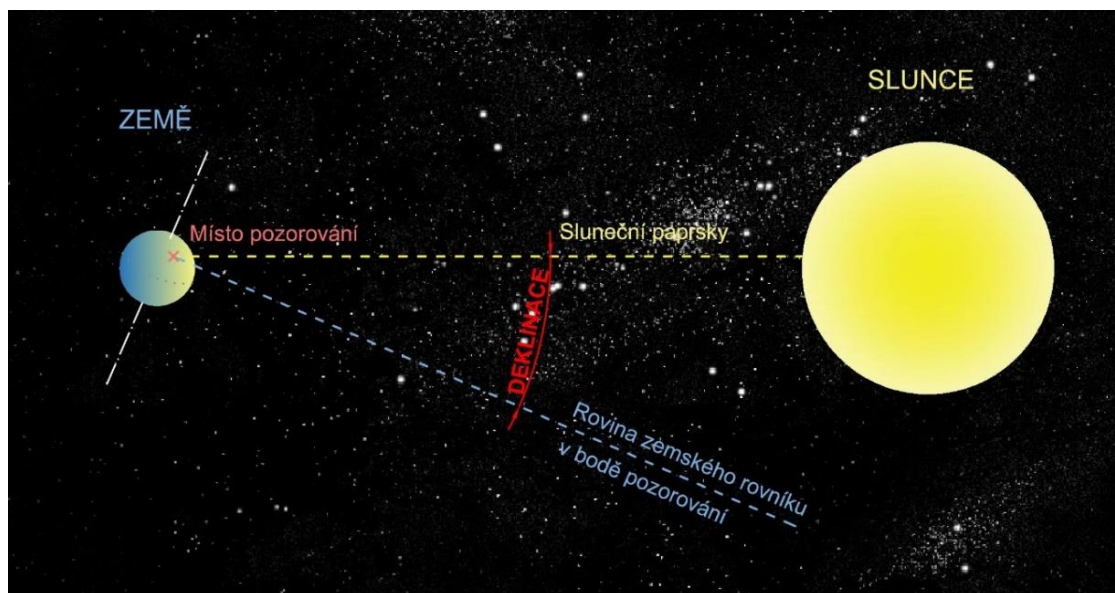
$$(4) \quad \cos A = \frac{\sin \varphi \cos \delta \cos \tau - \cos \varphi \sin \delta}{\cos h}$$

¹⁹ Vodorovná rovina v bodě pozorování

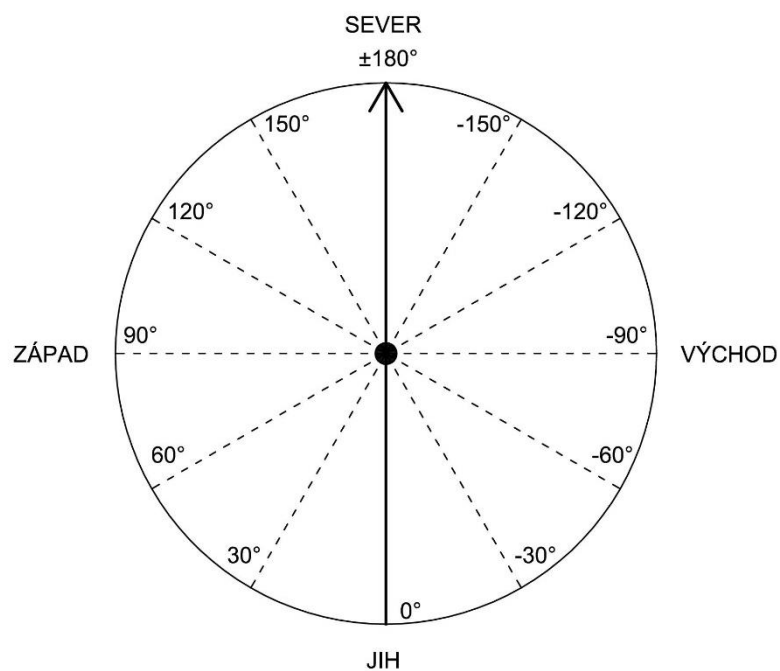
²⁰ ČSN 73 0581 - Oslunění budov a venkovních prostor - Metoda stanovení hodnot.

²¹ ČSN 73 0581 - Oslunění budov a venkovních prostor - Metoda stanovení hodnot.

Kde A je azimut [°].



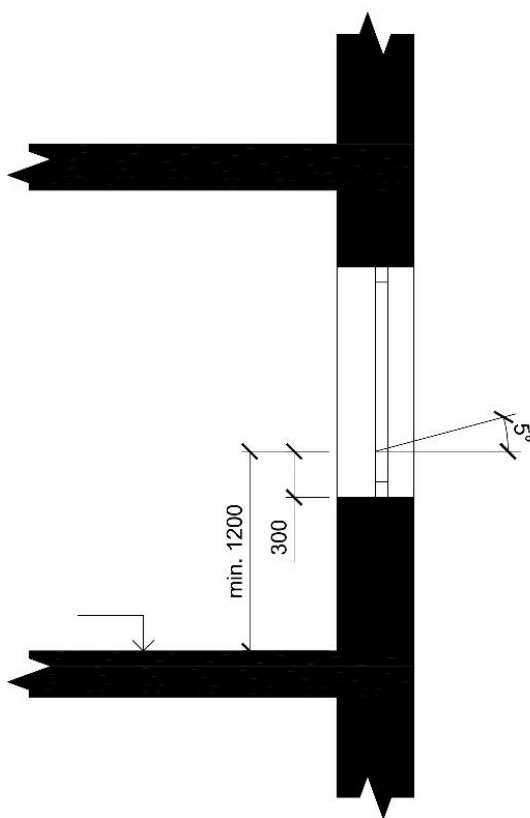
Obr. 1 Znáznornění deklinace



Obr. 2 Znáznornění azimutu

Pro potřeby uplatňování norem v praxi v České republice, se uvažuje se zeměpisnou šířkou ϕ rovnou 50° .²² Tato hodnota platí přibližně pro polohu Prahy. Lze uvažovat i se zeměpisnou šířkou 49° , která prochází severně od Brna, avšak rozdíl v době oslunění, způsobený tímto rozdílem, je přibližně 12 minut, což můžeme ve většině posuzovaných případů považovat za zanedbatelné.

Pro zabezpečení hodnotného oslunění jsou uváděny podmínky pro započitatelnost oslunění do celkové doby. Prvním omezením je výškový úhel, pod kterým dopadá sluneční záření na osvětlovaný otvor (řešený bod na obvodu nemovitosti). Jeho hodnota musí být minimálně 5° viz obr. 3. Sluneční záření musí dopadat do kritického bodu, který je umístěn ve vnitřním zasklení okna ve výšce minimálně 1200 mm od podlahy místnosti a 300 mm od parapetu.²³

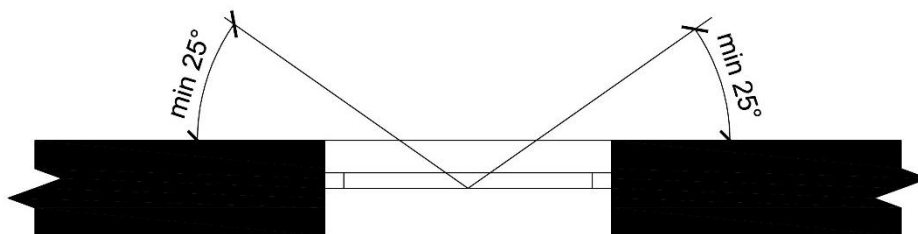


Obr. 3 Řez osvětlovacím otvorem

²² ČSN 73 0581 - Oslunění budov a venkovních prostor - Metoda stanovení hodnot.

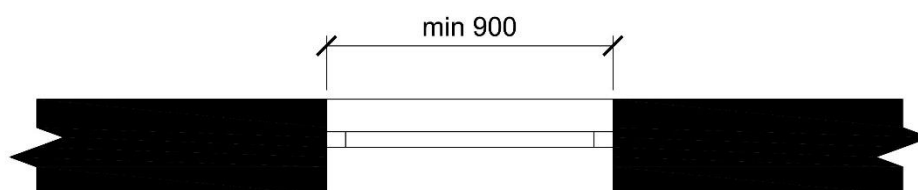
²³ ČSN 73 4301 - Obytné budovy.

Druhým prvkem je půdorysné oslunění, které je přijatelné, pokud dopadá na osvětlovaný otvor pouze z úhlu většího než 25° od fasády domu po obou stranách otvoru.²⁴



Obr. 4 Půdorys osvětlovacího otvoru

Třetím prvkem je skladebný rozměr oken, který u obytných místností musí být nejméně 900 mm (týká se oken umístěných ve stěnách). Pro střešní okna platí minimální šířka 700 mm.²⁵



Obr. 5 Skladebný rozměr okna (půdorys)

Čtvrtou podmínkou je dodržení určitého poměru mezi osvětlovacím otvorem a plochou osvětlované místnosti, kdy plocha okna by měla být alespoň desetinou celkové plochy místnosti.

Z výše uvedených vztahů obsažených v normě nelze přímo získat dobu oslunění potřebnou pro posouzení dle normy. Tu lze obdržet pouze jako časový rozdíl mezi počátkem a koncem oslunění budovy nebo grafickými metodami.

²⁴ ČSN 73 4301 - Obytné budovy.

²⁵ ČSN 73 4301 - Obytné budovy.

Do řešeného problému je nutné přidat ještě míru zastínění okolními budovami, která nejvýznamněji ovlivňuje výsledné oslunění.

4.1.2.3 Grafická část metody

V praxi se nejčastěji využívá grafické vyjádření oslunění a zastínění především pro jeho relativně jednoduché používání. Pro půdorysné situace se využívá diagram zastínění, který znázorňuje křivky pohybu Slunce při daných výškových rozdílech stínících objektů vůči posuzovanému bodu během dne. Vodorovná osa nad diagramem značí výšku překážky (1 dílek má velikost 10 mm). Převýšení objektu podělené měřítkem výkresu je rovna vzdálenosti na této ose. Podle výšky objektu přepočtené do měřítka diagramu se určí na ose nad diagramem pořadové číslo křivky. Výšce překážky poté odpovídá trajektorie daného čísla, např. pro zastínění budovou výšky 10 m pro budovu v situaci s měřítkem 1:200, bude adekvátní křivka číslo 5.²⁶

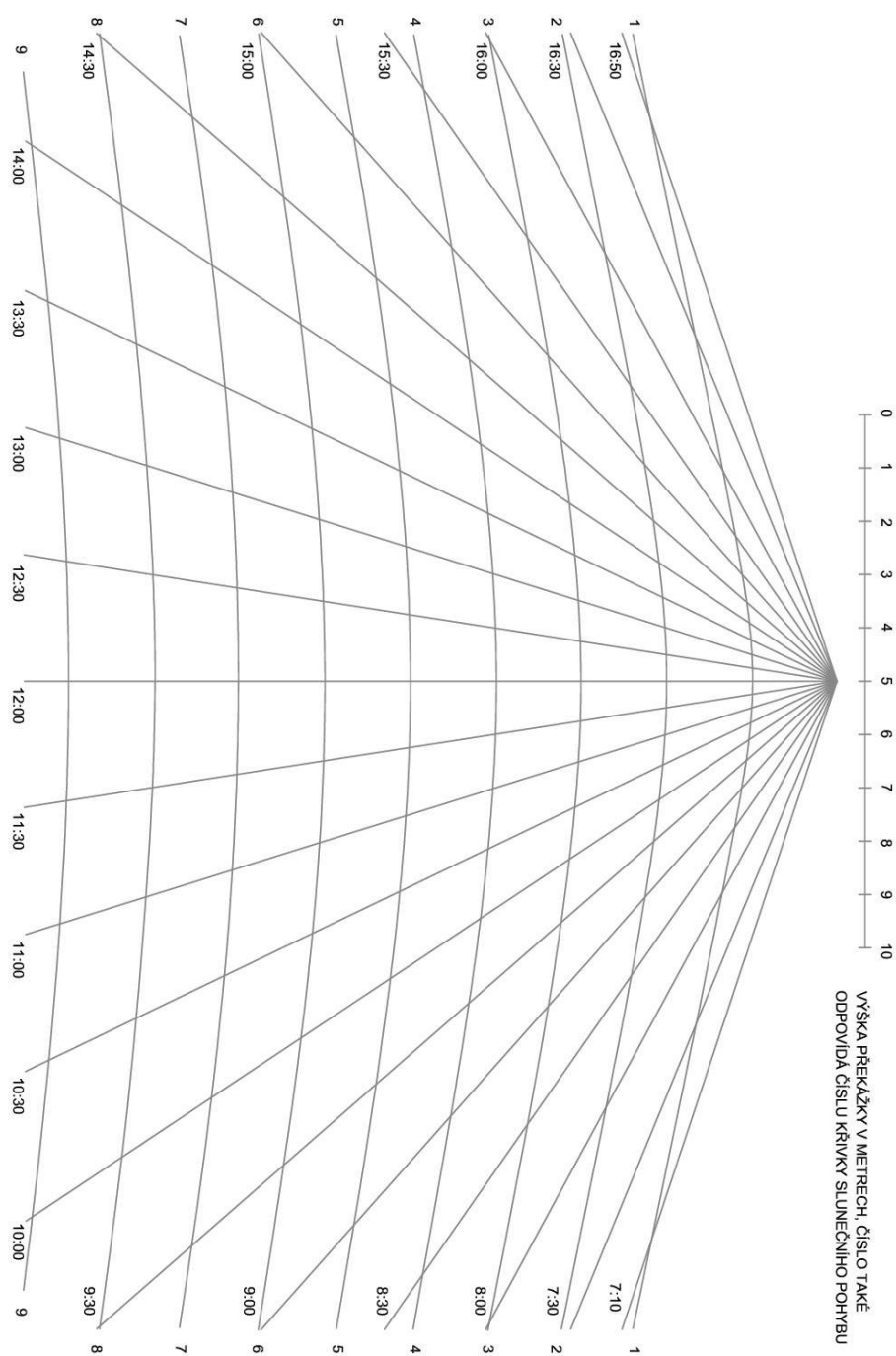
Úsečky s časovým údajem znázorňují azimutální úhly převedené na časový údaj, avšak pouze pro den 1. 3., což pro základní projekční potřebu stačí (normová podmínka viz níže), ovšem je vhodné posoudit oslunění i při jiných datech, např. pro 1. 6.

Mezi jednotlivými číslovanými úsečkami diagramu lze interpolovat, a tak dosáhnout přesnějšího časového údaje.²⁷ Tento postup může být zdlouhavý, především při větším množství stínících objektů.

Diagram zastínění lze zpracovat individuálně pro jakýkoli den v roce. Tato záležitost je však relativně pracná a nepohodlná, pokud by bylo cílem posuzovat zastínění ve více dnech v roce.

²⁶ ČSN 73 0581 - *Oslunění budov a venkovních prostor - Metoda stanovení hodnot.*

²⁷ ČSN 73 4301 - *Obytné budovy.*



Obr. 6 Diagram zastínění

Použití diagramu zastínění v praxi spočívá ve vyznačení řešeného bodu na objektu v situačním výkresu. K tomuto bodu se vztahuje veškeré oslunění. Nanese se jižní směr z tohoto bodu a hraniční linie přípustného oslunění (pro výškový úhel dopadu paprsků 5°

a půdorysné oslunění 25° od fasády), které jasně vytyčí úhel, ve kterém se bude zastínění a oslunění posuzovat.

Následuje přiložení diagramu zastínění na situaci tak, aby úsečka označující 12:00, neboli azimut rovný nule, byla ve směru vyznačeného jihu.

Nyní následuje vyznačení průsečíků příslušných číselných čar s jejich výškově přidruženými objekty, viz obr. 7. Tyto průsečíky se spojí s řešeným bodem, přičemž takto vzniklé čáry se posoudí společně s úsečkami diagramu zastínění a vyhodnotí se jejich časový údaj. Pokud spojnice řešeného bodu a průsečíku na zastiňovacím objektu protíná cestou onen samotný (nebo jiný vyšší) objekt, pak je nutné tuto čáru posunout až k hranici budovy, kde již nebude stínit viz obr. 7.

Jednotlivé úhly mezi průsečíky a hranicemi přípustného oslunění se vyhodnotí, zdali v jejich intervalu proniká na řešenou budovu sluneční záření. Velikosti těchto úhlů, neboli časové rozdíly mezi těmito osvětlujícími průsečíky, se počítají a dávají nám celkovou dobu oslunění.

Na obrázku obr. 7 jsou barevně odlišeny křivky, každá pro daný výškový rozdíl. Dále jsou zde vyznačeny linie ohraničující započitatelné oslunění a stínící objekty. Výsledné intervaly, kdy lze považovat hodnocený bod za prosluněný, jsou vypločovány žlutou barvou.

Tento zmíněný postup je nutné provést pro každý řešený bod, tedy pro každé okno budovy.

Kromě diagramu zastínění (obr. 7), který je sestaven čistě pro praktické účely, čili posouzení doby oslunění konkrétního data 1. 3., existují i diagramy, které jsou flexibilnější a dokáží zohlednit i příslušný den v roce, ačkoli pouze omezeně. Zpravidla z nich lze odečíst dobu oslunění pro každý první den v měsíci, a navíc ve dnech denní rovnodennosti. Konkrétně se jedná o pravoúhlé diagramy zastínění nebo stereografické diagramy.

Všechny zmíněné diagramy jsou omezené pouze na jednotnou zeměpisnou šířku 50° . Nejsou to tedy metody dostatečně optimalizované pro projekční práce v různých lokalitách (především zahraničních²⁸).

²⁸ V zahraničí přirozeně mohou existovat odlišné národní normy, čili i jiné metodiky.

Obr. 7 Příklad použití diagramu zastínění v situaci s měřítkem 1:500

4.1.3 Interiérové podmínky oslunění

Podle situování budovy na pozemku může být stavba osluněna z různých směrů. Stejně tak při řadové zástavbě nebo bytové výstavbě jsou domy (byty) znevýhodněny a

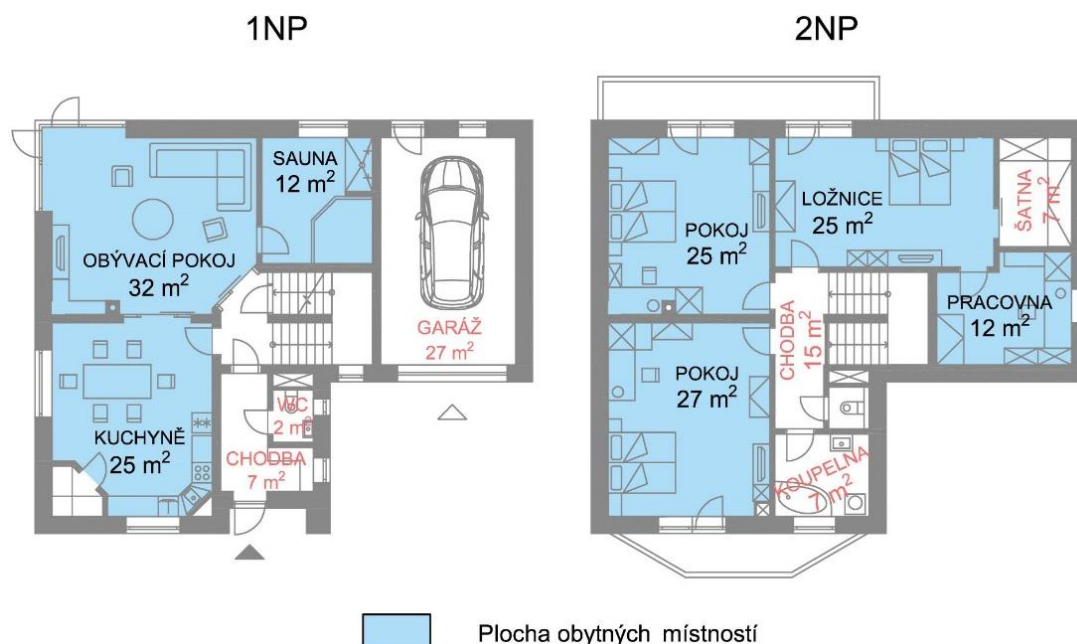
osluněny často pouze z jedné strany. Z tohoto důvodu norma udává poměrnou minimální osluněnou plochu, která vychází z celkové plochy obytných místností v domě (bytě). Tato minimální plocha pro oslunění se mění v souvislosti právě s typem výstavby, kdy nelze zajistit stejné podmínky pro solitérní rodinný dům a byt v panelovém domě.

Normou (ČSN 73 4301) je dáno, že všechny byty musí být osluněné, což znamená, že určitá plocha obytných místností obsažených v bytě musí být prosluněná. „*Byt je prosluněn, je-li součet podlahových ploch jeho prosluněných obytných místností roven nejméně jedné třetině součtu podlahových ploch všech jeho obytných místností.*“²⁹ To znamená, že při výpočtu je nutné si ujasnit, jaké máme v bytě (domě) obytné místnosti a jaká je jejich plocha. Obytnou místností je brána místnost určená k trvalému pobytu o minimální ploše 8 m².³⁰ Obytnými místnostmi jsou například obývací pokoj, ložnice nebo jídelna. Tento poznatek je účelný především kvůli jeho podstatnosti ve výpočtech potřebné osluněné plochy, kdy jeho záměna by vedla k nevyhovujícím výsledkům. Vzhledem k poněkud vágní definici tohoto termínu můžeme mezi obytné místnosti zařadit například i kuchyň.

Na následujícím schématu jsou pro představu znázorněny obytné místnosti v exemplárním rodinném domě. Červenou barvou jsou popsány místnosti, které nevyhovují definici nebo podstatě obytné místnosti.

²⁹ ČSN 73 4301 - Obytné budovy.

³⁰ Vyhláška 137/1998 Sb.



Obr. 8 Znáznornění obytných budov na příkladu rodinného domu

Vzhledem k měnícím se ročním obdobím s různou délkou dne, a tím i dobou, po kterou dopadají sluneční paprsky na zem, je zřejmé, že míra oslunění se v průběhu roku mění. Z tohoto důvodu bylo stanoveno, že dne 1. 3. každého roku musí být byt osluněn alespoň po dobu 90 minut. Stejná doba oslunění se doporučuje i pro datum 1. 6. Zmíněná podmínka počítá s bezoblačnou oblohou. K zatažené obloze se nepřihlíží. Požadavek na oslunění však lze nahradit dlouhodobější bilancí oslunění. Konkrétně se jedná o oslunění mezi daty 10. 2. a 21. 3. včetně, kdy celková doba za tyto dny (40 dní) má být alespoň 3600 minut, což odpovídá průměru oslunění 90 minut na den. Tato bilance však výpočtově platí pouze pro nepřestupné roky.³¹

Sluneční paprsky musí splňovat výše uvedené podmínky započitatelnosti, čili po tuto dobu dopadat na kritický bod v rovině zasklení a úhel dopadajících paprsků musí být minimálně 5° v rovině svislé a 25° od stěn budovy v půdorysu.

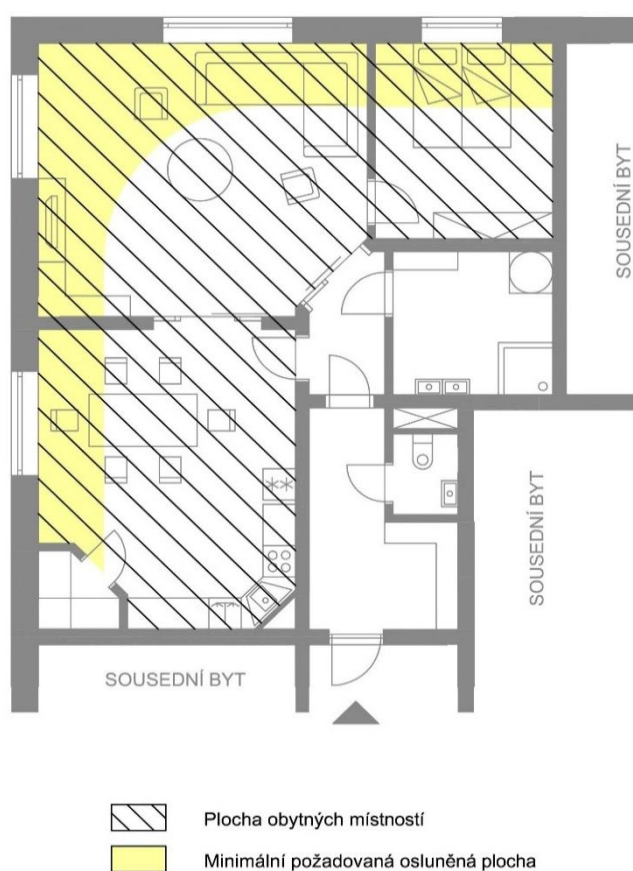
Ne jenom byty musí být řádně osluněny. Venkovní prostory a zařízení v okolí obytných budov, sloužící k rekreaci obyvatel domu, mají mít polovinu své plochy osluněnou nejméně 180 minut ve dne 1. března.³²

³¹ ČSN 73 4301 ZMĚNA Z1 - Obytné budovy.

³² ČSN 73 4301 - Obytné budovy.

4.1.3.1 Osluněná plocha bytu

U bytů je minimální povolená osluněná plocha obytných místností rovna jedné třetině celkové plochy obytných místností. V případě, že bude některá z místností osluněna pouze z jedné strany, postupuje se dle 4.1.3.3, kdy se plocha dané obytné jednostranně osluněné místnosti uvažuje pouze do vzdálenosti 2,3krát světla výška místnosti od obvodové zdi.³³ Na přiložených schématech je znázorněna (schematicky) potřebná minimální osluněná plocha a také fakt, že její velikost vychází z ploch obytných místností, nikoli z celé podlahové plochy bytu.

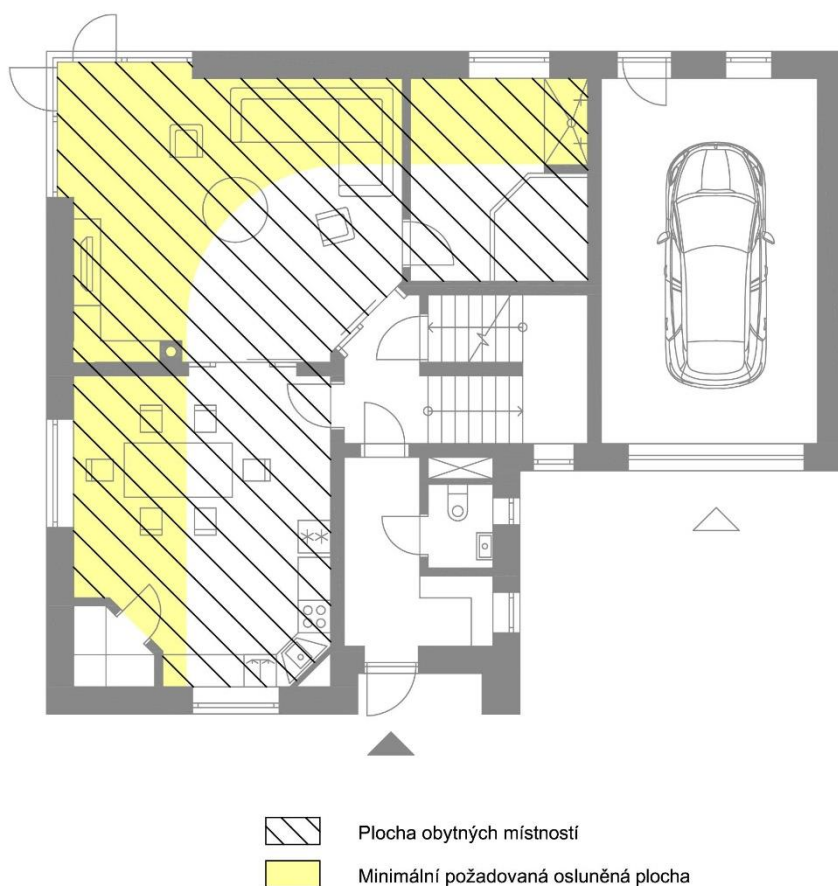


Obr. 9 Schématické znázornění min. požadované plochy oslunění bytu

³³ ČSN 73 4301 - Obytné budovy.

4.1.3.2 Osluněná plocha rodinného domu

U samostatně stojících rodinných domů, dvojdomů a krajních řadových domů má být součet osluněných ploch obytných místností roven jedné alespoň jedné polovině celkové plochy obytných místností, viz obr. 10.³⁴



Obr. 10 Schématické znázornění min. požadované plochy oslunění solitérního RD

Před vydáním změny Z1 normy ČSN 73 4301 nebylo nutné dodržet odpovídající proslunění nemovitosti při výstavbě nemovitosti do proluky mezi stávající souvislou zástavbou. Nyní (se změnou Z1) již je nutné navrhovat nemovitosti s dostatečným prosluněním i pro tyto případy.³⁵

³⁴ ČSN 73 4301 - Obytné budovy.

³⁵ ČSN 73 4301 ZMĚNA Z1 - Obytné budovy.

4.1.3.3 Osluněná plocha jednostranně osluněného bytu

Pro jednostranně místnosti platí, že osluněná plocha má být rovna alespoň jedné třetině upravené plochy obytných místností. Tato upravená plocha je tedy plocha, která zaujímá prostor mezi obvodovou stěnou stavby, odkud proniká záření až po vzdálenost 2,3krát světla výška místností od obvodové zdi, viz obr. 11.³⁶ Tímto postupem se často zmenší obytná započítávaná plocha a tím také požadovaná minimální plocha oslunění.



Obr. 11 Schématické znázornění min. požadované plochy oslunění bytu jednostranně osluněného

³⁶ ČSN 73 4301 - Obytné budovy.

5 Aplikovatelnost optimalizace

Z mého pohledu norma dostatečně svým strohým výkladem nereflektuje obtížnost této problematiky. Lze říci, že se jedná o netriviální záležitost, která vyžaduje množství času pro její pochopení a uvědomění si vzájemných vztahů (astronomických i výpočetních). Stejně tak norma nedává úplný návod pro přímý výpočet doby oslunění ze známých azimutů, což je stěžejní záležitost při posuzování doby oslunění. Pro nejčastější úlohy, počítající se zastíněním okolními budovami, vede metoda na čistě grafické posouzení situace využívající diagramy zastínění. Pro tyto případy, stejně tak i pro elementární případy bez zastínění, postačí pouze znalost polohy Slunce na obloze a z toho odvozených výpočtů.

5.1 Optimalizace výpočtové metody

5.1.1 Hraniční linie oslunění pro východ a západ Slunce

Pro výpočetní účely je nutné neuvažovat s pravým slunečním časem jako s volenou konstantou, nýbrž je potřeba na ni nahlížet jako na proměnnou, kterou chceme získat výpočtem z daných ukazatelů φ , δ , h , A . Chceme totiž získat ony dva hraniční časy, které udávají počátek oslunění dopoledne po východu Slunce a konec oslunění odpoledne při západu Slunce. Pro tento postup je zapotřebí uvažovat také s výškou Slunce na obloze h a s azimutem A jako s konstantami. Dle normy ČSN 73 4301 Obytné budovy je minimální výška Slunce na obloze pro dostatečné oslunění okna 5° ³⁷. Z tohoto předpokladu a matematickou úpravou vztahy pro výpočet deklinace lze získat rovnici pro výpočet hraničního času oslunění.

Pro výpočet pravého slunečního času při výšce slunce na obloze 5° při východu Slunce lze použít následující vztah:

$$(5) \quad T_{h1} = 12 - \frac{\arccos \frac{\sin h - \sin \varphi \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta}}{15}$$

³⁷ ČSN 73 4301 - Obytné budovy.

Obdobně pro výpočet pravého slunečního času pro výšku slunce na obloze 5° při západu Slunce lze použít následující vztah:

$$(6) \quad T_{h2} = \frac{\arccos \frac{\sin h - \sin \varphi \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta}}{15} + 12$$

Následně rozdílem těchto hodnot lze zjistit dobu oslunění, avšak pouze pro triviální úlohy bez zastínění a za předpokladu, že osvětlovací otvor³⁸ a azimut rovný 0° (čili v pravé poledne) svírají společně úhel 90° . V praxi tedy ne příliš běžné.

Pro vypočtené časy je možné snadno dopočítat azimut Slunce ze základních vztahů uvedených výše. Tímto máme určeny pevně hranice možného započitatelného oslunění pro jakýkoli den v roce.

Uvedené vztahy jsou nejvhodnější pro identifikaci hraničních časů oslunění. Praxe je často odlišná. Osluněné otvory nebývají situovány přímo k jihu, bývají různě natočené v prostoru. Z tohoto důvodu je nutné přizpůsobit vypočítané hodnoty dané situaci. Právě díky různému natočení v prostoru jsou normově dané úhly, pod kterými lze oslunění považovat za započitatelné (25° od fasády objektu).

Je nutné podotknout, že zmíněnými vztahy jsme schopni vyjádřit hranice započitatelného oslunění pro jakýkoli den v roce. Zajišťování dostatečného oslunění v jiných dnech než 1. 3. je však z normového hlediska fakultativní. Z tohoto pohledu se může současná metoda posuzování oslunění objektů jevit jako neoptimalizovaná.

5.1.2 Výpočet časové polohy Slunce na obloze ze známého azimutu

5.1.2.1 Problematika výpočtu

Pro případy praxe, kdy je budova posuzována podle půdorysné situace, by bylo vhodné po určení intervalů oslunění se zahrnutím zastínění, jednoduše určit časy těchto hraničních linií pomocí prostého změření úhlů, ze kterých lze definovat jejich časovou polohu. Vztahy jsou ovšem složité a v praxi téměř nepoužitelné, pouze za předpokladu nastavení automatizace výpočtů ve výpočtovém programu (například Excel). Lze je rozdělit na vztahy pro azimut o velikosti od -90° do 90° a na rozmezí nad 90° a na -90° .

³⁸ Jedná se o otvor, kterým vniká sluneční světlo do budovy (například okno)

Stejně tak je trochu jiný vztah, pokud počítáme polohu linie pro dopolední hodiny (záporný azimut) nebo odpolední hodiny (odpolední azimut).

Pro potřeby normy, tedy pro výpočet oslunění 1. března, postačí pouze vztah pro dopolední a odpolední polohu v intervalu do 90° nebo -90° , protože v daný den jsou hraniční započitatelné polohy oslunění přibližně 72° a -72° .

Velkou předností je však flexibilita tohoto vztahu, který lze použít pro libovolný den v roce, jelikož do vztahu vstupuje deklinace, která je odvozená právě od ročního dne. Využití lze tedy hledat především pro projekty, které se snaží optimalizovat sluneční záření a zohledňuje se v nich oslunění v různých dnech. Stejně tak přednost můžeme najít v možnosti určovat časovou polohu pro jakékoli místo na Zemi.

Zmíněné vztahy vychází z rovnic normy ČSN 73 0581, odkud byly vyjádřeny pomocí výpočtového vyhledávače <http://www.wolframalpha.com> a následně upraveny. Vztahy jsou uvedeny v příloze 1.

Přesto pro běžné úlohy (úlohy pro den 1. 3.) jsou snazší grafické metody, popřípadě využití softwaru jakožto výpočetní metodu oslunění. Lze se však i tomuto postupu vyhnout projektováním v BIM, kdy softwary často umožňují realizovat analýzu oslunění přímo na modelu, čímž odpadá nutnost používat grafické či výpočtové metody.

Automatizace výpočtu časového údaje ze známého azimutu musí navazovat na údaje zjištěné z diagramu zastínění, který (zmíněno výše) se mění vzhledem k danému dni v roce.

5.1.2.2 Automatizace výpočtů

Příkladem automatizace a pomůckou v projekčních pracích může být, formou digitální přílohy zpracovaná (příloha 4), aplikace v jazyce C# pro zjištění časové polohy Slunce na obloze pro daný den a dané místo na Zemi a také pro výpočet doby oslunění za daných azimutů.

Aplikaci tvoří okno se vstupními objekty *textbox*, prostorem pro výstup a spouštěčem *button* (tlačítko START). Script načítá proměnné číselného typu ze vstupů zadaných uživatelem (zeměpisná šířka, den, měsíc, azimut), které zpracovává a v prvním kroku je výstupem výpočet deklinace. Následně program zahrne zmíněné proměnné včetně deklinace do jednotlivých vztahů (viz příloha 1). Vztahy jsou z praktického hlediska

rozděleny na opakující se části, které jsou počítány samostatně. Následuje kombinace jednotlivých částí a vytvoření proměnný pro daný typ hodnoty azimutu, což jsou 4 hodnoty (-180° až -90° , -90° až 0° , 0° až 90° a 90° až 180°). Rozhodovacím kritériem funkce *if* aplikace rozhodne na základě hodnoty vstupního azimutu a výstupem je výpočet dle jednoho ze vztahů, jehož výsledkem je časový desetinný údaj. Hodnota je vzápětí převedena do časového formátu a vizuálně upravena.

Pro potřeby normy, kdy je nejdůležitější celková doba oslunění daného místa, byla do programu zahrnuta sumarizace dob oslunění během dne, kdy lze tlačítkem *PŘIDAT* přidávat až 5 různých intervalů v daném dni a při dané zeměpisné šířce, během kterých je řešený bod osluněn. I zde probíhá rozhodovací kritérium pro stanovení doby oslunění podle velikosti azimutu. Výsledkem je součet všech přidanych intervalů. Lze tedy pouze zadat azimutální úhly s příslušným znaménkem (snadno zjistitelné ze situačního výkresu) a aplikace spočítá celkovou denní dobu oslunění.

Aplikace je omezena pouze na 5 dílčích intervalů oslunění, které lze sčítat. Dle názoru autora je tento počet dostačující pro praktické úlohy. Dílčí intervaly nejsou zabezpečené proti duplicitám, lze vícekrát zadat ten samý interval. Je tedy nutno k aplikaci přistupovat uživatelsky zodpovědně.

Aplikace je naprogramována na novější verzi Framework, konkrétně v3.5, z důvodu zahrnutí knihovny *Linq* využitě pro výpočet celkové doby oslunění ze seznamu hodnot.

5.2 Urbanistický vliv oslunění na územní celky

Nastavení limitů osvětlení podle norem je vcelku benevolentní. Požadavkům tedy vyhoví i budovy, které nejsou vhodně umístěny vzhledem ke světovým stranám ani vzhledem k současné zástavbě. Dá se říci, že požadavkům vyhoví každá budova, která není těsně sevřena vysokými okolními budovami. Může tedy sloužit jako prevence před vznikem chaotického uspořádání intravilánu z prostorového a výškového.

Přestože jsou požadavky relativně mírné, může se stát, že některé stavby především v urbanizované oblasti nevyhoví. Mohlo by se jednat například o nezastavěnou proluku s průčelím na severní stranu, sevřenou mezi okolní zástavbu natolik těsně, že nelze dodržet požadovanou dobu oslunění. Na tomto místě pak vzniká urbanistický nedostatek, kdy uliční linie není konzistentní a vzniklá proluka nepříznivě působí na veřejný prostor

i na územní celek, například vnitroblok. Tento příklad by se týkal především obytné zástavby (čili plochy obytné smíšené uvedené v územně plánovací dokumentaci), která je často kumulována v uličních blocích a jedná se o druh staveb, u kterých je vyžadováno zmiňované konkrétní oslunění 90 minut.



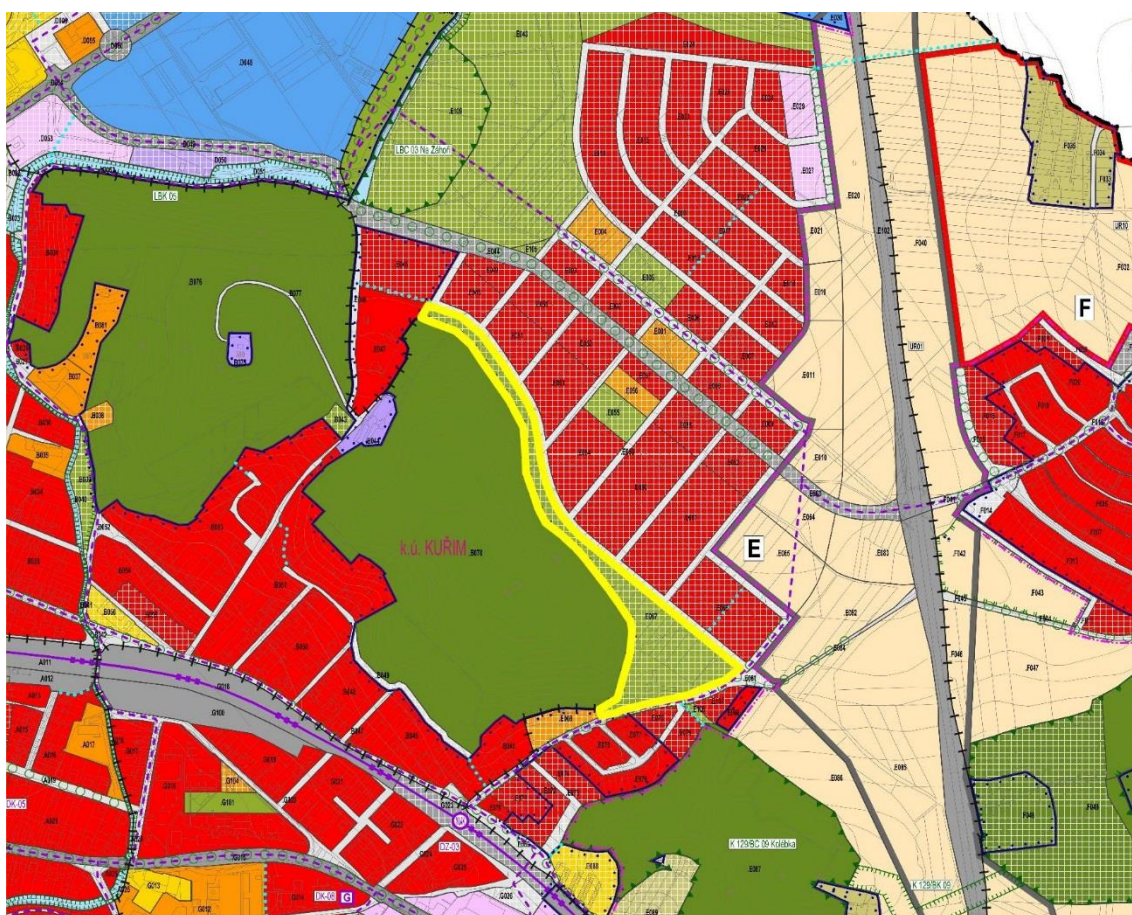
Obr. 12 příklad chaotické zástavby-Sao Paulo³⁹

Při posouzení je také uvažováno s vodorovným horizontem a k zastínění terénními překážkami se nepřihlíží, ačkoli se může zdát, že terénní nerovnosti mohou hrát značnou roli v zastínění, tak skutečnost je jiná, a v přírodních podmínkách České republiky hraje tento faktor zanedbatelnou roli. Větší význam pro posouzení může mít trvalá vegetace, zejména les, který může působit jako homogenní stínící překážka, jejíž nepravidelný tvar lze nahradit blízkým pravidelným tvarem a následně posoudit.

Oslunění je jedním z faktorů, který může ovlivňovat návrh budov nebo i vyšších územních celků a městských bloků. Při návrhu funkčních ploch řešeného území je vhodné zohlednit také přírodní vlivy, které mohou mít dopad na tvar a strukturu zástavby.

³⁹Obrázek 12: Cindy Kubitz - Urban Design and Networked Development. Dostupné z: <https://www.slideshare.net/connectedurbandev/cindy-kubitz-urban-design-and-networked-development>.

Na příkladu části územního plánu města Kuřim, můžeme vidět navržené obytné smíšené plochy na severním a severozápadním svahu s trvalou vegetací. Obytné plochy jsou však vhodně odděleny od lesa vegetačním pásem (obr. 13 žluté ohraničení), sloužícím jako lesopark, kterým se mírní dopad zastínění lesu na zástavbu. Tento lesopark zřejmě plní primárně funkci urbanistickou, ale v tomto případě je i vhodně umístěn pro plnění sekundární funkce v zastínění.

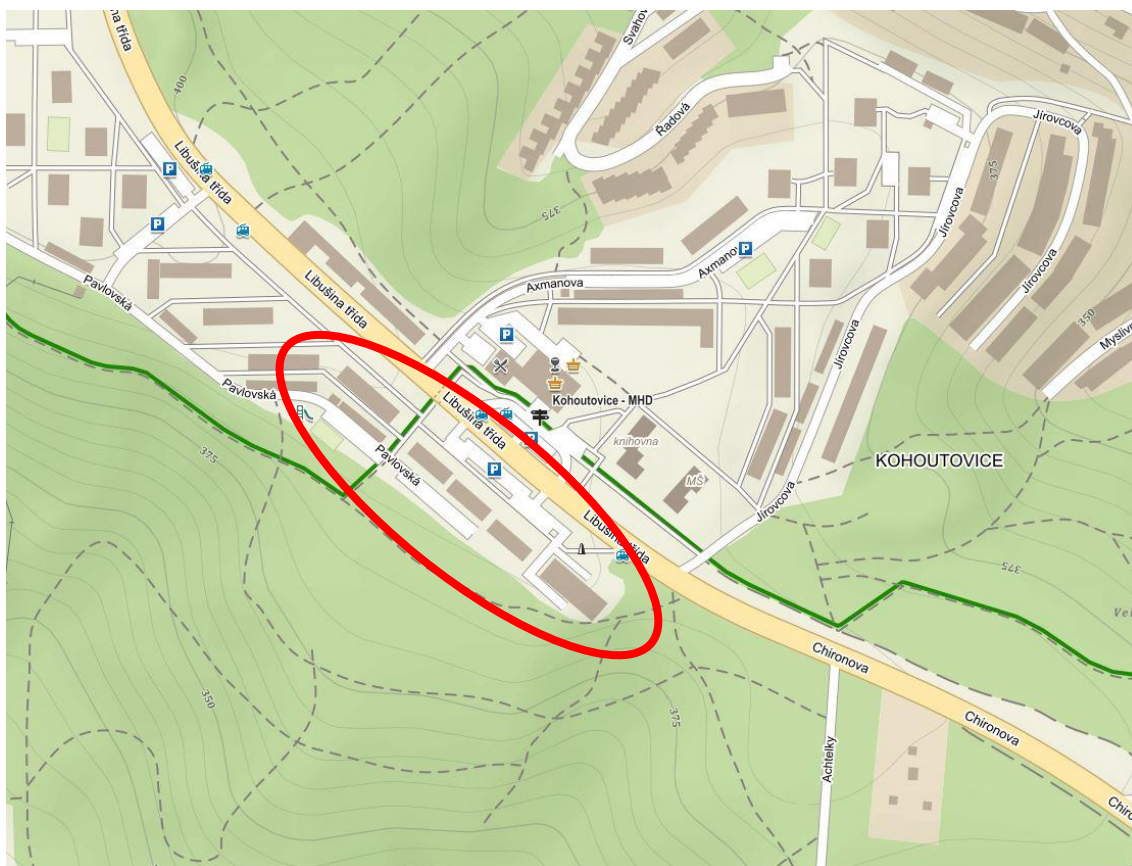


Obr. 13 Územní plán Kuřim, lokalita Záhoří⁴⁰

Problémy územních celků spojené s osluněním lze najít především na severních svazích, porostlých trvalou vegetací. V jiných lokalitách, než na zastíněných severních svazích se příliš nevyskytují z důvodu benevolentnosti normových požadavků. Další příklady lze nelézt například v Brně např. obr. 14. Nutné je podotknout, že vybraný

⁴⁰ Územní plán Kuřim.

uvedený příklad je stávající stav. V době výstavby nebyly platné současné normy pro oslunění, ze kterých tato práce vychází. Proto lze tento příklad považovat pouze za demonstraci nevyhovující zástavby ze současného pohledu.



Obr. 14 Nevhodné umístění územního celku Brno-Kohoutovice⁴¹

5.3 Elementární optimalizace analýzy a vliv přírodních překážek na příkladu nezastavěné proluky v Kuřimi

Technický význam správně posouzeného oslunění může být značný. To lze vidět na následujícím případu nezastavěné proluky ve městě Kuřimi, severně od Brna, konkrétně v ulici Podhoří.

⁴¹Obrázek 14: Mapy.cz. Dostupné z: <https://mapy.cz/>.

5.3.1 Obecné informace

Jedná se o řadovou zástavbu rodinných domů, která má historický původ. Patří k nejstarším částem města a její existenci můžeme vidět na mapách již z první poloviny 19. století.



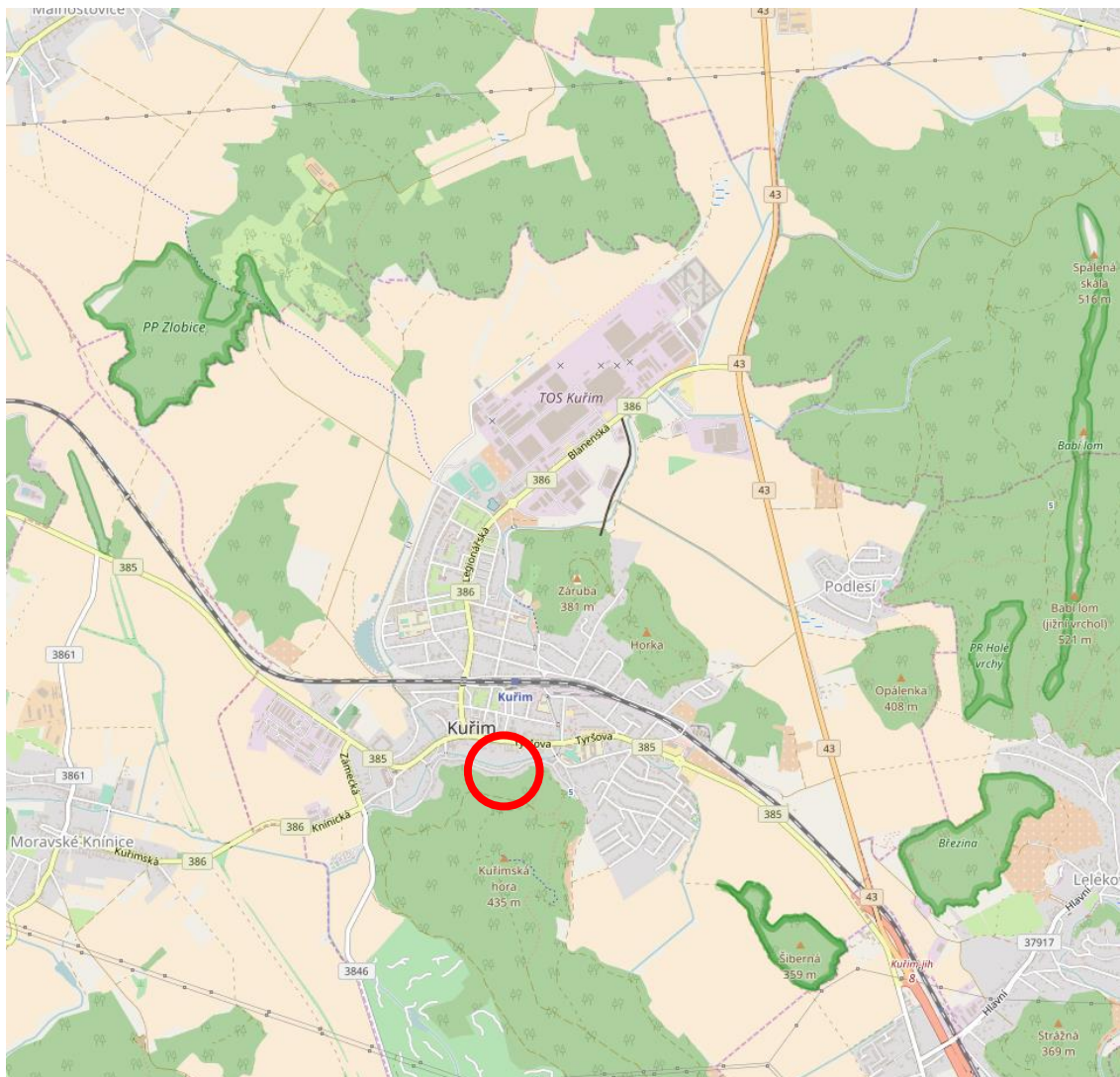
Obr. 15 Kuřim na mapě z roku 1839⁴²

Je to hustá liniová zástavba ležící na úpatí severního svahu Kuřimské hory, pod příkrým srázem a v bezprostřední blízkosti lesa, který se rozprostírá směrem na jih od budov.

V současné době se jedná o rezidenční oblast s historickou hodnotou i atmosférou. Můžeme zde nelézt rekonstruované vily i historické chýše, ale také proluky, které narušují konzistenci uličního prostoru.

⁴² Obrázek 15: Vojenské mapy Brna a okolí. In: Vilemwalter.cz [online]. 2014 [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: <http://vilemwalter.cz/mapabrna/digitalizace.htm>

Jedna z proluk může sloužit jako ukázkový příklad neohebnosti normového systému České republiky.



Obr. 16 Kuřim umístění řešeného objektu⁴³

Na obecných mapách a katastrální mapě se jeví oblast jako kompaktní, avšak ve skutečnosti není. Katastr nemovitostí uvádí, že na parcele stojí rodinný dům, ovšem jednoznačně nedokončený. Byly vystavěny pouze obvodové stěny v pravidelném tvaru do výšky zhruba 2 metrů. Zbytek pozemku tvoří navážka. Považuji tedy tento prostor za proluku.

⁴³Obrázek 16: OpenStreetMap. Dostupné z: <https://www.openstreetmap.org/>.



Obr. 17 Řešená proluka⁴⁴

5.3.2 Přístupy pro posouzení

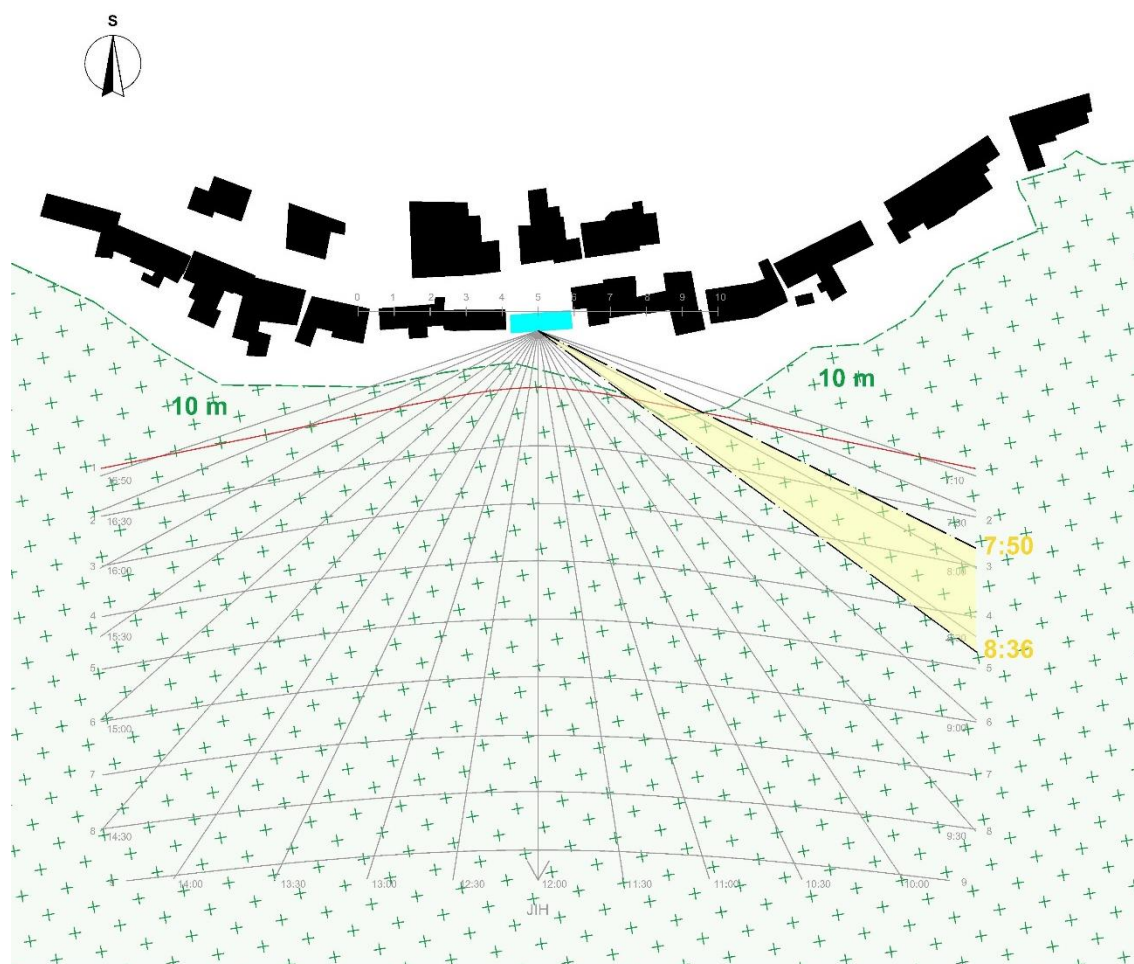
Pro zpracování níže uvedených situací byl jako podklad použit digitalizovaný katastr nemovitostí a vrstevnicový podklad od Českého ústavu zeměměřičského a katastrálního. Jednotlivé výšky objektů byly pouze odhadnuty.

Na následujících příkladech postupů je demonstrace významu přístupu k problematice a také význam komplexnějšího, efektivnějšího, ověření oslunění, nikoli pouze slepé následování instrukcí normy a plnění nezbytně nutných požadavků.

První přístup je čistě z pohledu normových požadavků, tedy dodržení stanovené doby oslunění při zohlednění okolních stínících objektů-nemovitostí. Po určení jižního směru, stanovení stínících překážek, ležících v trajektorii slunečních paprsků, můžeme říci, že nemovitost je dokonale osluněna bez jakéhokoli zastínění viz obr. 18.

⁴⁴Obrázek 17: Mapy.cz. Dostupné z: <https://mapy.cz/>.

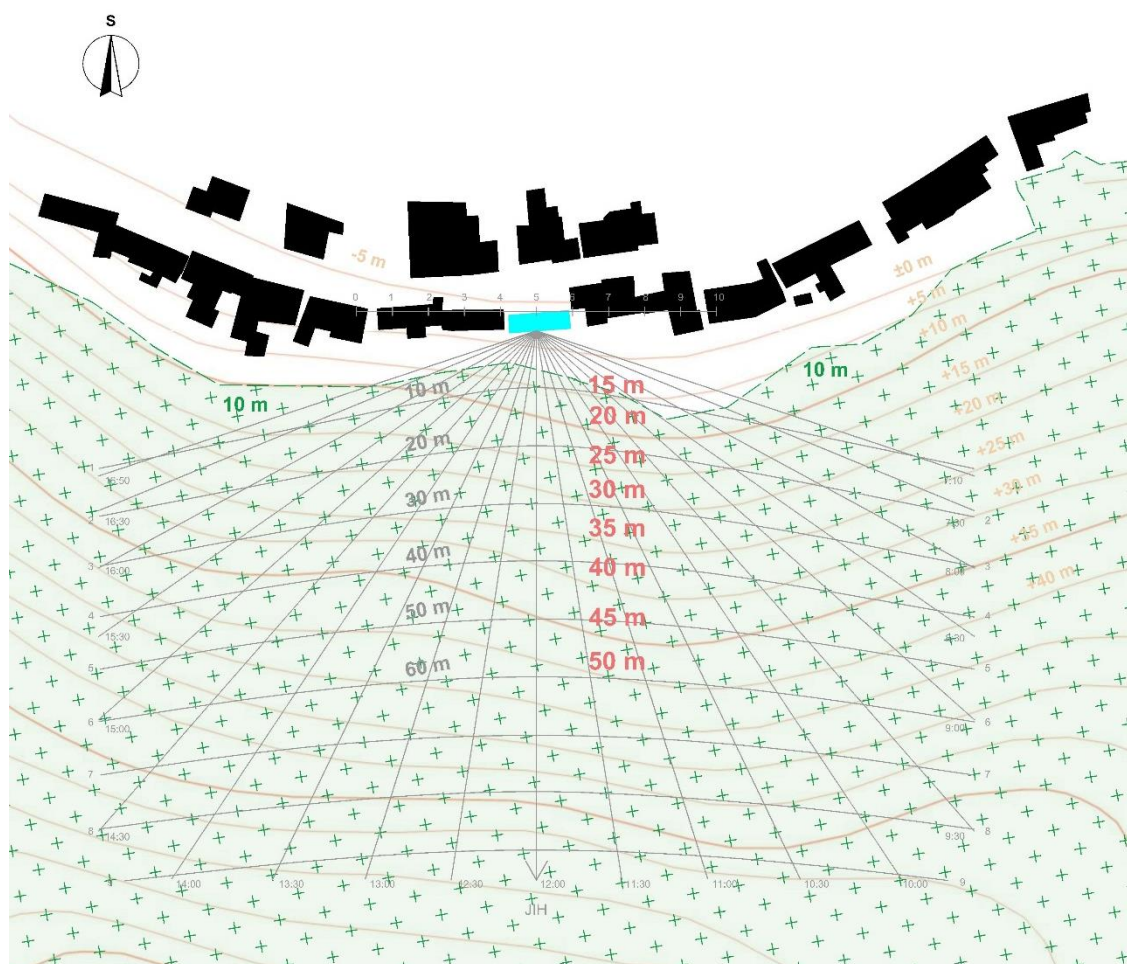
Vliv lesního porostu, který je zjednodušen na stínící těleso o konstantní výšce a bez ohledu na reliéf, je znázorněn na obr. 19. Zde se jedná o smíšený les s převažující složkou neopadavých stromů ve spodní části svahu. Pro příklad posouzení oslunění je uvažováno s neprůsvitnou vlastností porostu a přibližnou výškou 10 m nad řešeným bodem na obvodu nemovitosti.



Je zřejmé, že nemovitost při takovémto posouzení nevyhoví základním normovým požadavkům na oslunění (není splněna délka oslunění 90 min).

Jak již bylo výše zmíněno, normově je uvažován horizont jakožto vodorovná rovina. Toto zjednodušení má své opodstatnění, protože na území České republiky se nenachází zpravidla reliéf s takovými sklony, aby významněji působil jako stínící překážka. Přesto je na následujícím obrázku ukázán jeho význam ve spojení s vegetací, a také možnost reliéfního lokálního sklonového extrému, který může být ovlivňujícím faktorem.

V tomto případě díky sklonu svahu se zvýšilo převýšení stínící překážky lesa přibližně o 5 metrů v nejspodnější části svahu, což zapříčinilo naprosté zamezení oslunění budovy.



Obr. 20 Zohlednění vegetace i reliéfu

Lze snadno vidět, že kombinace vzrostlého porostu a sklonitého terénu může vyvolat podmínky, které nepřipustí vhodné oslunění budovy, ačkoli dle oficiálních přístupů by

oslunění bylo vyhovující. V tomto typu posouzení nemovitost není schopna vyhovět požadavkům.

Na druhou stranu jsem zde uvedl příklad, ukazující zmíněný urbanistický náhled na situaci. Pozemek je situován tak, že při zodpovědném posouzení oslunění není možno dodržet požadavky. Dle územního plánu se jedná o plochy se smíšenou obytnou zástavbou, čili nepřichází do úvahy výstavba jiného typu zástavby, avšak při ponechání stávajícího stavu (ponechání proluky), dochází k prostorovému nesouladu na uličním prostoru. Z hlediska územního rozvoje, zahušťování zástavby a optimalizace návrhu budovy, zde dochází k rozkolu.

5.4 Pokročilé metody pro stanovení doby oslunění na příkladu z Kuřimi

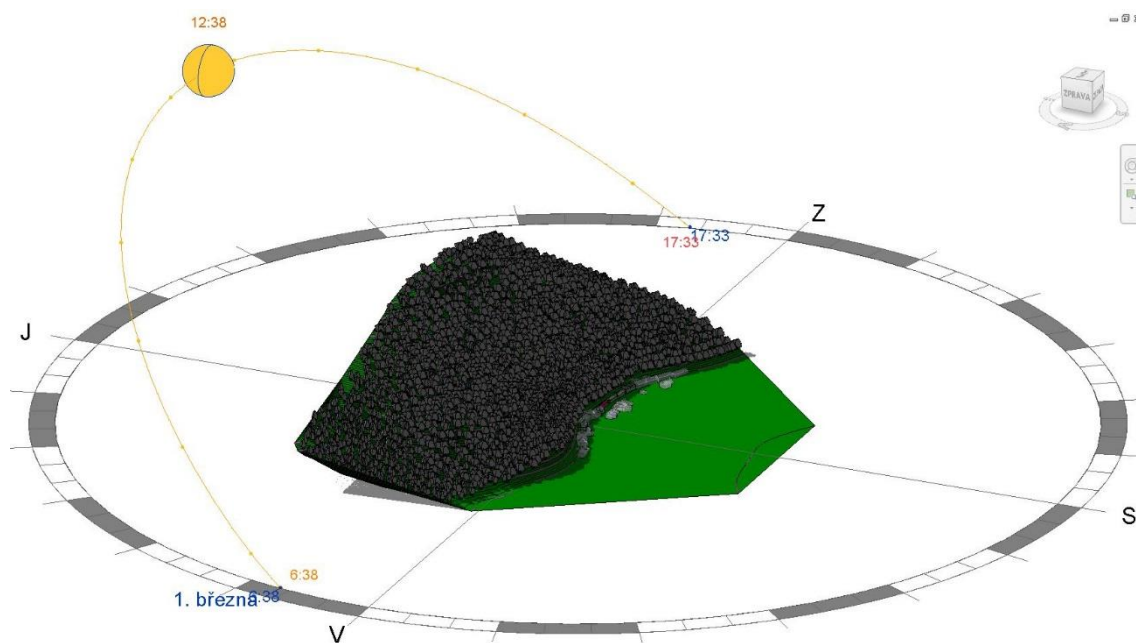
Pro verifikaci elementární grafické metody posouzení, byl zpracován BIM model, ve kterém bylo provedeno vizuální zhodnocení oslunění uvažované proluky v programech Revit a ArchiCAD. Výstupy z obou programů byly srovnatelné a byly totožné s výsledky elementárního výpočtu.

Řešená proluka (v modelech koncepčně navržená nemovitost dle půdorysných výměr v katastru nemovitostí) je označena růžovou barvou.

5.4.1 Autodesk Revit

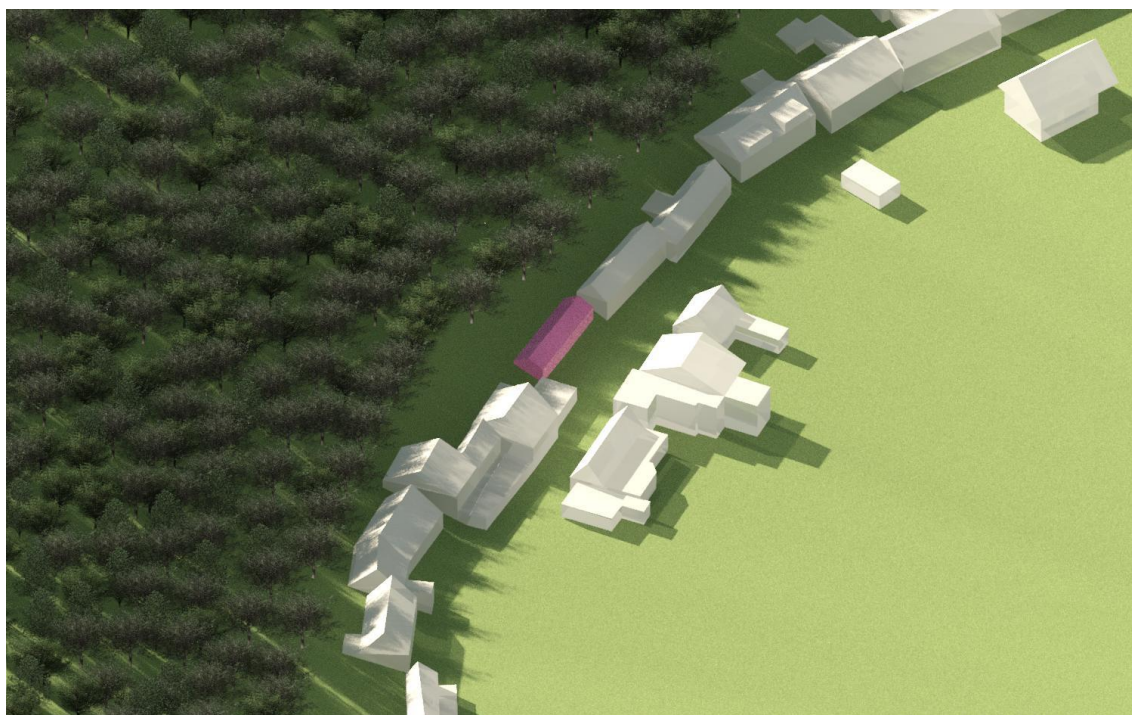
Autodesk Revit nabízí komplexní analýzu oslunění. Plně se zde projevuje vlastnost BIM softwaru, kdy v jednom modelu budovy lze řešit různé projekční záležitosti. Po definování umístění modelu na povrchu Země, lze simulovat pohyb Slunce po obloze pro jakýkoli den v roce. Simulace pohybu Slunce lze uskutečňovat po kroku 15 minut, což mohou být dostatečně přesné intervaly pro vizuální posouzení zastínění a oslunění modelu. Dále je možnost studovat stálé oslunění pro daný den a daný čas. Tato možnost může najít uplatnění například při posuzování variant návrhu. Výstupem posouzení oslunění v Revitu je vizuální model, video nebo obrázek.

Pro účely výpočtu doby oslunění na daném příkladu, byl vytvořen 3D povrch z vrstevnic daných výšek a objemově vymodelována okolní zástavba na podkladu z katastru nemovitostí.



Obr. 21 Trajektorie Slunce v programu Revit

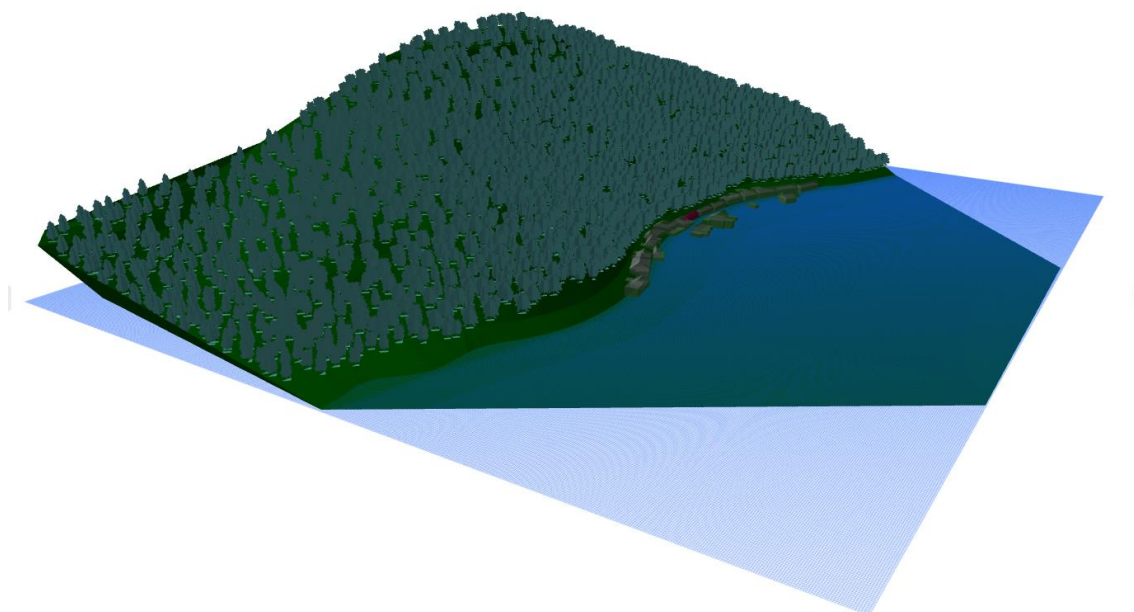
Z Revitu bylo vytvořeno video oslunění s intervalem pohybu Slunce po obloze 15 minut. Na renderovaném obrázku č. 22 lze vidět míru zastínění při azimutu rovném nule.



Obr. 22 Posouzení oslunění na základě modelu programu Revit

5.4.2 Graphisoft ArchiCAD

ArchiCAD pracuje velmi podobně jako Revit. Lze zadat zeměpisnou šířku (i zeměpisnou délku), nadmořskou výšku a také lze posuzovat na jakýkoli den v roce. ArchiCAD je každopádně přesnější ve výstupu, jelikož lze nastavit interval pohybu Slunce po obloze, který je roven minimálně jedné minutě. Výstup je také vizuální, čili záleží na pozorovateli, jak situaci posoudí.



Obr. 23 3D model oslunění ArchiCAD

Simulace totožného modelu exportovaného z Revitu pro stejný den a stejnou zeměpisnou šířku, i stejný azimut rovný nule, zpracovaná v programu ArchiCAD, měla totožné výsledky jak s modelem v Revitu, tak s elementární výpočtovou metodou. Na obrázku obr. 24 lze vidět renderovaný výsledek.



Obr. 24 Posouzení oslunění na základě modelu programu ArchiCAD

6 Závěr

Návrh budov i územních celků je stále náročnější činností se značným dopadem na okolí. Zhoršující se životní prostředí a růst populace mají celosvětové dopady i ve stavebním průmyslu. Snahy o zlepšení životního prostředí a zlepšení i prostředí lidí ve městech, vede k vyšším nárokům na stavby, které je nutné řešit. Řešením je právě optimalizace projekční fáze projektů se zahrnutím všech působících vlivů, které následně může vyústit v kvalitní zástavbu, splňující vysoké požadavky a limitující dopady na životní prostředí.

V době vysokých produkčních možností lidstva se vytrácí přístup posouzení individuálních potřeb jednotlivých stavebních projektů jak z pohledu projektanta, tak z pohledu posuzovatele (státní správa). Každý projekt je unikátní, často je tedy potřeba přistoupit danému problému osobitě a posuzovat příslušné aspekty konečného díla.

Projekční fáze jsou posuzovány unifikovanými postupy a metodami založenými nejčastěji na kvantifikovatelných kritériích, které dopomáhají k udržení jistého standardu budov a zabránění tvorby nevhodných nebo nevyhovujících návrhů. Absence lidského přístupu a slepé následování pokynů a podmínek (nebo nepřípustní flexibilita technických pokynů) však může vést ke snižování například estetických standardů.

Česká republika se snaží měnit konzervativní postoje ve stavebnictví a přináší legislativní změny podporující budoucnost optimalizačních zpracování projektů. V porovnání se západními zeměmi je Česká republika stále ještě na začátku v uplatňování optimalizačních postupů a s tím spojený rozvoj BIM. Přesto můžeme říci, že využívání BIM je na vzestupu a můžeme očekávat pozitivní přínos do českého stavebnictví.

7 Použité zdroje

7.1 Literatura

- [1] A commitment towards Europe's energy and climate policy. In: *Covenant of Mayors pro Climate and Energy* [online]. Brusel: European Communities, 2010 [cit. 2017-04-27]. Dostupné z:
http://www.eumayors.eu/IMG/pdf/com_brochure_en.pdf
- [2] BIM - základní informace. *Graitec* [online]. b.r. [cit. 2017-05-13]. Dostupné z:
<http://www.graitec.cz/bim>
- [3] Cindy Kubitz - Urban Design and Networked Development. In: *SlideShare* [online]. 2010 [cit. 2017-05-21]. Dostupné z:
<https://www.slideshare.net/connectedurbandev/cindy-kubitz-urban-design-and-networked-development>
- [4] ČESKÁ REPUBLIKA. Vyhláška 137/1998 Sb.: Vyhláška o obecných technických požadavcích na výstavbu. In: *Sbírka zákonů*. Praha, 1998, ročník 1998, částka 49, číslo 137.
- [5] ČESKÁ REPUBLIKA. Vyhláška 268/2009 Sb.: Vyhláška o technických požadavcích na stavby. In: *Sbírka zákonů*. Praha, 2009, ročník 2009, částka 81, číslo 268.
- [6] ČSN 73 0581 - Oslunění budov a venkovních prostor - Metoda stanovení hodnot. 1. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [7] ČSN 73 4301 - Obytné budovy. 1. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2004.
- [8] ČSN 73 4301 ZMĚNA Z1 - Obytné budovy. 1. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.
- [9] HONG, Sun-Kee, In-Ju SONG a Jianguo WU. Fengshui theory in urban landscape planning. *Urban Ecosyst* [online]. Springer Science + Business Media, 2006, **2007**(10221–237) [cit. 2017-05-05]. DOI: 10.1007/s11252-006-3263-2. Dostupné z:
http://leml.asu.edu/jingle/Web_Pages/Wu_Pubs/PDF_Files/Hong_etal_2006_Fengshui.pdf

- [10] Leadership in Energy & Environmental Design. *Česká rada pro šetrné budovy* [online]. Praha [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: <http://www.czgbc.org/certifikace/leed>
- [11] MPO uspořádalo konferenci k zavádění digitalizace stavebnictví. In: *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. Praha: MPO, 2017 [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/rozcestnik/pro-media/tiskove-zpravy/mpo-usporadalo-konferenci-k-zavadeni-digitalizace-stavebnictvi---228455/>
- [12] Operational Implementation Plan: First Public Draft. In: *Evropská komise* [online]. Brusel: European Commission, 2014 [cit. 2017-04-06]. Dostupné z: <http://ec.europa.eu/>
- [13] RYBÁR, Peter, František ŠESTÁK, Marie JUKLOVÁ, Jozef HRAŠKA a Jiří VAVERKA. *Denní osvětlení a oslunění budov*. 1. Brno: ERA group, 2002. ISBN 80-86517-33-0.
- [14] STANČÍK, Adam a Josef REMEŠ. *Lighting and Daylighting Analysis with BIM* [online]. In: . Brno University of Technology, 2016 [cit. 2017-05-23].
- [15] Tisková zpráva - Mezinárodní konference BIM a rozpočtování 2017. In: *ÚRS Praha* [online]. Praha: ÚRS Praha, a.s., 2017 [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <https://cinnosti.urspraha.cz/zakladni-cinnosti-spolecnosti/bim-informacni-modelovani-staveb/tiskova-zprava-mezinarodni-konference-bim-a-rozpocetovani-2017>
- [16] Towards nearly zero-energy buildings. In: *Evropská komise* [online]. Brusel: European Commission, 2012 [cit. 2017-04-06]. Dostupné z: <http://ec.europa.eu/>
- [17] *Usnesení vlády České republiky: o významu metody BIM (Building Information Modelling) pro stavební praxi v České republice a návrh dalšího postupu pro její zavedení*. In: . 2016, číslo 958.

7.2 Mapové podklady

- [1] Mapy.cz. In: *Mapy.cz* [online]. Seznam.cz, a.s., b.r. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <https://mapy.cz/>
- [2] OpenStreetMap. In: *OpenStreetMap* [online]. OpenStreetMap, b.r. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <https://www.openstreetmap.org/>
- [3] *Územní plán Kuřim: Hlavní výkres*. Město Kuřim, 2014.

8 Seznam zkratek a symbolů

8.1 Zkratky

BIM	Building Information Modelling
ČSN	České technické normy
EIP	European Innovation Partnership
EU	Evropská unie
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
OIP	Operational Implementation Plan
PSC	pravý sluneční čas
SIP	Strategic Implementation Plan

8.2 Symboly

A	azimut
D	pořadové číslo dne v měsíci
h	výška Slunce nad horizontem
M	pořadové číslo měsíce v roce
T_{h1}	hraniční započitatelná dopolední časová poloha Slunce
T_{h2}	hraniční započitatelná odpolední časová poloha Slunce
T_{A1}	časová poloha Slunce na obloze pro dopolední hodiny a azimut v rozpětí -90° až 90°
T_{A2}	časová poloha Slunce na obloze pro odpolední hodiny a azimut v rozpětí -90° až 90°

T_{A1}°	časová poloha Slunce na obloze pro dopolední hodiny a azimut v rozpětí -180° až -90° a 90° až 180°
T_{A2}°	časová poloha Slunce na obloze pro odpolední hodiny a azimut v rozpětí -180° až -90° a 90° až 180°
δ	deklinace
τ	hodinový úhel
φ	zeměpisná šířka

9 Seznam obrázků

Obr. 1	Znázornění deklinace.....	21
Obr. 2	Znázornění azimutu	21
Obr. 3	Řez osvětlovacím otvorem	22
Obr. 4	Půdorys osvětlovacího otvoru	23
Obr. 5	Skladebný rozměr okna (půdorys).....	23
Obr. 6	Diagram zastínění	25
Obr. 7	Příklad použití diagramu zastínění v situaci s měřítkem 1:500.....	27
Obr. 8	Znázornění obytných budov na příkladu rodinného domu.....	29
Obr. 9	Schématické znázornění min. požadované plochy oslunění bytu	30
Obr. 10	Schématické znázornění min. požadované plochy oslunění solitérního RD....	31
Obr. 11	Schématické znázornění min. požadované plochy oslunění bytu jednostranně osluněného	32
Obr. 12	příklad chaotické zástavby-Sao Paulo	37
Obr. 13	Územní plán Kuřim, lokalita Záhoří.....	38
Obr. 14	Nevhodné umístění územního celku Brno-Kohoutovice.....	39
Obr. 15	Kuřim na mapě z roku 1839	40
Obr. 16	Kuřim umístění řešeného objektu.....	41
Obr. 17	Řešená proluka	42
Obr. 18	Oslunění bez zohlednění tvaru krajiny	43
Obr. 19	Vliv trvalé zeleně na oslunění	44
Obr. 20	Zohlednění vegetace i reliéfu.....	45
Obr. 21	Trajektorie Slunce v programu Revit	47
Obr. 22	Posouzení oslunění na základě modelu programu Revit	47
Obr. 23	3D model oslunění ArchiCAD	48
Obr. 24	Posouzení oslunění na základě modelu programu ArchiCAD	49

10 Seznam příloh

Textové přílohy

Příloha 1 Vztah pro výpočet časové polohy Slunce na obloze ze známého azimutu

Vizuální přílohy

Příloha 2 Časové video oslunění proluky v Kuřimi z programu Autodesk Revit

Příloha 3 Časové video oslunění proluky v Kuřimi z programu Graphisoft ArchiCAD

Digitální přílohy

Příloha 4 Aplikace pro výpočet doby oslunění ze známých azimutů v jazyce C#